Digitized by Google

~~33.7~~

S 38.25

T-Thermol

Digitized by Google

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches
Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Gmelin. Littrow. Muncke. Pfaff.

Neunter Band.

Erste Abtheilung.

T —— Thermol.

Mit Kupfertafeln I bis X. und II Charten.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1838.

Digitized by Google

S38.25

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

IX. Band.

Erste Abtheilung.

T —— Thermol.

Digitized by Google

Digitized by Google

T.

Tabellen.

Tafeln; *Tabulae;* Tables; *Tables.* Dieses Wort wird in der Physik, Astronomie u. s. w. in einer doppelten Bedeutung gebraucht. Erstens heiſst es so viel als *Verzeichniſs* oder *Sammlung* mehrerer zusammengehörenden Gegenstände. So hat man Tabellen oder Tafeln der specifischen Gewichte, der Brechungs- oder Zerstreuungskraft, der Ausdehnung der Körper durch die Wärme, Tafeln der verschiedenen Längenmaſse und Gewichte u. dgl. Die Einrichtung und der Nutzen solcher Tafeln ist bekannt und bedarf daher hier keiner besonderen Erläuterung.

Zweitens versteht man aber auch unter *Tabelle* jede Reihe von Zahlen, die nach einem bestimmten, durch irgend einen analytischen Ausdruck gegebenen Gesetze fortgehen. Diese Tafeln verbreiten sich über das ganze groſse Gebiet der Mathematik und aller darauf gebauten Wissenschaften, der Astronomie, Physik, Optik, Chemie u. s. w., und sind daher von dem wichtigsten Einflusse. Sie gewähren eine schnelle Uebersicht aller der numerischen Werthe, die eine gegebene analytische Formel annehmen kann, und sie geben ein Mittel, jeden dieser besonderen Werthe sicherer zugleich und bequemer zu finden, als dieſs durch die unmittelbare Berechnung jener Formel geschehen kann. Diese Sicherheit und Bequemlichkeit ist es vorzüglich, wodurch ihr Werth bestimmt wird, und dieser Werth ist bei vielen dieser Tafeln so groſs, daſs durch sie der Fortgang der Wissenschaft selbst unmittelbar gefördert, daſs die Arbeit des Rechners dadurch oft ungemein erleichtert und gesichert und daſs durch die wohlthätige Hülfe dieses Mittels das Leben der den Wissenschaften gewidmeten Menschen

Digitized by Google

gleichsam verdoppelt und vervielfacht wird. Man gedenke nur unserer Logarithmentafeln und unserer trigonometrischen Tabellen, mit deren Hülfe wir Rechnungen in einer Stunde ausführen können, zu denen wir, ohne diese Tafeln, Wochen und Monate gebraucht hätten.

Viele dieser Tafeln sind sehr einfach, aber darum nicht weniger nützlich. Hierher gehören z. B., um nur einige der vorzüglichsten anzuführen, die Tafeln der Orte, welche die Fixsterne am Himmel einnehmen, oder die sogenannten *Sternkataloge*. Die ältern Tafeln dieser Art enthalten die *Länge* und *Breite* der vorzüglichsten Fixsterne; die neuern aber geben die *Rectascension* und *Declination* derselben für eine bestimmte Epoche, z. B. für den Anfang des Jahres 1800. Da die Rectascension und Declination der Fixsterne durch die Präcession der Nachtgleichen[1] und zwar für jeden Stern besonders geändert wird, so ist diese Doppelwirkung der Präcession jedem Sterne beigefügt. Dadurch ist man in den Stand gesetzt, die Rectascension und Declination aller in dem Kataloge enthaltenen Sterne auf jede andere Epoche zu bringen, und z. B. anzugeben, welches die Lage dieser Sterne gegen den Aequator im Anfange des Jahres 1840 seyn wird. So hat man z. B. aus dem bekannten Sternkataloge Piazzi's für den Fixstern Wega oder α Lyrae im Anfang des Jahres 1800

Rectasc. . . $277°\,32'\,29'',4$.., jährl. Präcession $+30'',44$
Declination.. $38\;36\;20,8$ nördl..., jährl. Präc. $+\;2'',88$.

Sucht man daher die Rectasc. und Declin. dieses Sterns für den Anfang des Jahres 1840, so wird man zur gegebenen Rectascension die Gröfse $40(30'',44) = 0°\,20'\,17'',6$ und zu der gegebnen Declination die Gröfse $40\,(2'',88) = 0°\,1'\,56'',2$ addiren und so für den Anfang des Jahrs 1840 erhalten

Rectasc. . . . $277°\;52'\,47'',0$ und
Declination . . $38°\;38'\,17'',0$.

Für eine Zeit vor 1800 würde man die entsprechenden Producte, die wir addirt haben, subtrahiren, und dasselbe würde auch der Fall seyn, wenn die in dem Kataloge angegebene jährliche Präcession statt positiv, wie oben, negativ wäre. Schon hier erscheint diese Zugabe der Tafeln für die jährliche Präcession als eine grofse Bequemlichkeit, da man sie sonst

---

1 S. *Vorrückung der Nachtgleichen.*

Digitized by Google

für jeden besondern Fall mittelst der Logarithmentafeln nach folgenden Formeln berechnen müfste:

Jährl. Präcess. in Rectasc. $= 46'',05 + 20'',06$ Sin. α Tang. δ,

Jährl. Präcess. in Decl. $= 20'',06$ Cos. α,

wo α und δ die in dem Kataloge gegebene Rectascension und Declination des Sterns bezeichnen.

Noch einfacher, da sie gar keine weitere Reduction, wie in dem vorigen Beispiele für die Präcession, bedürfen, sind alle diejenigen Tafeln, deren Gebrauch sich nur auf eine Addition ihrer verschiedenen Theile bezieht. Die Astronomen müssen z. B. sehr oft den Bogen in Zeit oder umgekehrt verwandeln, indem sie die Peripherie des Kreises bald in 360 Grade, bald wieder in 24 Stunden theilen. Da 24mal 15 gleich 360 ist, so würde man allerdings jeden gegebenen Bogen nur durch 15 dividiren dürfen, um ihn in Zeit ausgedrückt zu erhalten. Wäre z. B. der Bogen

$$245^\circ\ 23'\ 16'',35$$

gegeben, so würde man zuerst die Secunden und Minuten durch Division mit 60 auf Grade bringen, wodurch man erhält

$$245^\circ,387875,$$

und diese Zahl durch 15 dividirt giebt

$$16^h,3591917.$$

Da man aber die Zeit nicht in Decimalbrüchen der Stunde, sondern in Minuten und Secunden anzugeben pflegt, so wird man die letzte Zahl wieder zweimal durch 60 multipliciren, um endlich die gesuchte Zahl

$$16^h\ 21'\ 33'',090$$

zu erhalten. Aller dieser kleinen Reductionen aber wird man überhoben seyn, wenn man eine Tafel hat, die für jeden Grad, für jede Bogenminute und für jede Bogensecunde die entsprechende Zeit angiebt. Mit Hülfe einer solchen Tafel, die man in allen astronomischen Compendien findet, erhält man

245° =	16^h	$20'$	
$23'$ =		1	$32''$
$16''$ =			1,0667
$0'',3$ =			0,0200
$0'',05$ =			0,0033
Summe . . .	16^h	$21'$	$33'',0900$

wie zuvor.

Noch größer erscheint der Vortheil so eingerichteter Tafeln bei der Berechnung des mittleren Orts[1] der Sonne, des Monds oder eines anderen Körpers unsers Planetensystems. Da sich der sogenannte mittlere Planet gleichförmig bewegt, so ist es hinreichend, den Ort desselben in seiner Bahn für irgend eine gegebene Epoche und seine tägliche Veränderung zu kennen, um daraus für jede andere Zeit vor oder nach jener Epoche die mittlere Länge des Planeten durch Rechnung zu bestimmen. Ist z. B. bekannt, dafs die mittlere Länge der Sonne am ersten Januar 1830 im Augenblick des mittlern Mittags in Wien gleich 279°,597 und dafs die tägliche Veränderung dieser mittlern Länge gleich 0°,9856472 ist, so wird man daraus die mittlere Länge der Sonne für jede andere Zeit, z. B. für den 25. Mai 1842 um $8^h\ 12'\ 36''$ mittlerer Zeit in Paris, finden können. Da nämlich die Längendifferenz zwischen Paris und Wien $0^h\ 56'\ 10''$ ist, so ist die gegebene Zeit 1842 den 25. Mai $9^h\ 8'\ 46''$ mittlere Wiener Zeit. Seit 1830 bis zu der letzten Zeit sind 12 Jahre verflossen, nämlich 9 gemeine Jahre zu 365 und 3 Schaltjahre zu 366 Tagen, und überdiefs (vom Anfang des Jahrs bis zum 25. Mai) 145 Tage, so dafs also die ganze Zwischenzeit beträgt

12 gemeine Jahre, 148 Tage, 9 Stunden, 8 Min. und 46 Sec.

Bringt man diese Zwischenzeit auf Tage und Theile des Tags und multiplicirt die so erhaltene Zahl durch 0,9856472, so wird man dieses Product zu der oben gegebenen Zahl 279°,597 addiren, um die gesuchte Länge der Sonne für den 25. Mai 1842 zu erhalten. Allein viel bequemer findet man diese Länge durch Hülfe der bekannten Sonnentafeln, die den Ort der mittlern Sonne für den Anfang eines jeden Jahres und überdiefs für jeden Monatstag, so wie auch ihre Bewegung für jede Stunde, Minute und Secunde enthalten. Diese Tafel giebt

für den Anfang des Jahrs 1842	279°,688
für den Anfang des 25. Mai	142,919
für 9^h mittl. Zeit	0,370
$8'$ - -	0,005
$46''$ - -	0,001
	422,983
	360

gesuchte Länge der Sonne = 62°,983 = 62° 58′ 58″,8.

1 S. *mittlerer Planet*. Bd. VI. S. 2313.

Digitized by Google

Man sieht aus diesen Beispielen, wie viel bequemer es seyn würde, in Zehn-, Hundert- und Tausendtheilen des Grades und der Stunde zu rechnen, als die immerwährenden Reductionen des Grads und der Stunde auf Minuten und Secunden und umgekehrt vorzunehmen.

Allein noch viel gröſser erscheinen die Vortheile dieser Tafeln, wenn die Zahlen derselben auf analytische Formeln gegründet sind. Diese letzten müſsten für jeden besondern Fall eigens berechnet werden, während uns die Tafel dieser Berechnung gänzlich überhebt, wodurch nicht nur viel Zeit und Mühe erspart, sondern auch eine gröſsere Sicherheit des Resultats erhalten wird, da diese Tafeln nicht wohl Rechnungsfehler enthalten können, wodurch die harmonische Aufeinanderfolge ihrer Zahlen schon gleich auf den ersten Anblick derselben gestört erscheinen würde.

Setzen wir, um auch davon ein Beispiel zu geben, unser vorhergehendes Exempel fort und suchen wir für die gegebene Zeit (1842, 25. Mai 9^h $8'$ $46''$ m. Z. Wien) nicht bloſs die mittlere, sondern die wahre Länge der Sonne. Zu diesem Zwecke wird man, wenn man keine Tafeln hat, nebst der oben bereits gefundenen mittleren Länge der Sonne $l = 62°,983$ auch noch auf ähnliche Art die Länge Π des Apogeums der Sonne, die hier $\Pi = 100°,201$ ist, suchen müssen. Die Differenz dieser Gröſsen l und Π giebt die sogenannte mittlere Anomalie m der Sonne [1] oder

$$m = l - \Pi = 322°,782.$$

Nennt man dann $e = 0,01679$ das Verhältniſs der Excentricität der Erdbahn zu ihrer halben groſsen Axe, so findet man die gesuchte wahre *Länge* λ der Sonne durch die Auflösung der zwei folgenden Gleichungen

$$m = u - e \,\text{Sin.}\, u$$

und

$$\text{Tang.}\, \frac{\lambda - \Pi}{2} = \text{Tang.}\, \frac{u}{2} \cdot \sqrt{\frac{1+e}{1-e}},$$

wo u die sogenannte *excentrische Anomalie*, eine Hülfsgröſse, bezeichnet. Will man überdieſs zur vollständigen Bestimmung des wahren Sonnenorts für die gegebene Zeit auch den Radius Vector r oder die Entfernung der Erde von der Sonne,

---

1 S. *mittlerer Planet*, a. a. O.

so findet man denselben, wenn man bereits u, oder auch $(\lambda - \Pi)$, kennt, durch die Gleichung

$$r = a - a e \text{ Cos.} u$$

oder

$$r = \frac{a(\ - e^2)}{1 + e \text{ Cos.} (\lambda - \Pi)},$$

wo a die halbe grofse Axe der Bahn bezeichnet.

Die Berechnung dieser Gleichungen für jeden speciellen Fall, wie sie so oft vorkommen, ist mühsam und zeitraubend, besonders wegen der transcendenten ersten Gleichung

$$m = u - e \text{ Sin.} u,$$

die nur durch mehrere Versuche oder indirect aufgelöst werden kann. Uebrigens wird man sich durch Entwickelung dieser Ausdrücke in unendliche Reihen jene Rechnungen bedeutend vereinfachen. Diese Reihen sind

$$\lambda = l - 2e \text{ Sin.} m + \tfrac{5}{4} e^2 \text{Sin.} 2m$$
$$- \frac{e^3}{4} \left(\tfrac{13}{3} \text{ Sin.} 3m - \text{Sin.} m \right) + \ldots$$

und

$$\frac{r}{a} = 1 + e \text{ Cos.} m - \frac{e^2}{2} (\text{Cos.} 2m - 1)$$
$$+ \frac{e^3}{8} (3 \text{ Cos.} 3m - 3 \text{ Cos.} m) - \ldots$$

Allein auch ihre Berechnung, oft wiederholt, fordert viel Zeit, die man besser anwenden kann. Wie viel kürzer und bequemer aber werden diese Arbeiten durch eine Tafel, welche für jeden Grad von m den ihm entsprechenden Werth von $\lambda - l$ und $\frac{r}{a}$ schon angiebt. Hat man eine solche Tafel für $e = 0{,}01679$ und $a = 1$ berechnet, so findet man aus ihr sofort durch eine einfache Proportion

$$\lambda - l = + 1^\circ{,}145 \text{ und } \frac{r}{a} = 1{,}01347,$$

also auch, da $l = 62^\circ{,}983$ war, die gesuchte wahre Länge der Sonne

$$\lambda = 64^\circ{,}128.$$

Bei dieser Gelegenheit sey es uns erlaubt, den Wunsch zu äufsern, dafs man diese und ähnliche Tafeln nicht ohne Noth in ihrer innern Einrichtung verändern sollte. Es kann Fälle geben, wo diese Veränderungen geboten sind, allein um kleiner

Vortheile willen sollte man nie althergebrachte Anordnungen, die der Leser schon gewohnt ist, wieder zerstören, wie schon so oft auch an den Sonnen- und Mondtafeln geschehn ist. Es entstehn daraus Irrungen und Rechnungsmifsgriffe, die viel nachtheiliger sind, als die kleinen Abkürzungen vortheilhaft sind, die man mit jenen Neuerungen erreichen will. Wenn aber diese Abänderungen ganz willkürlich und an sich selbst nutzlos sind, so sollten sie durchaus nicht zugelassen werden. Die kleinen Logarithmentafeln von Lalande z. B., die in Jedermanns Händen sind, setzen die Tangenten und Cotangenten zwischen die Sinus und Cosinus, da doch in beinahe allen frühern trigonometrischen Tafeln die Sinus und Cosinus unmittelbar neben einander stehn. Mit welchem Grunde hat man sie nun doch getrennt und dadurch allein schon zu einer Menge von Mifsgriffen Veranlassung gegeben. In denselben Tafeln hat man auch bei den Logarithmen der natürlichen Zahlen die bisher allgemein angenommene Anordnung verlassen, jede verticale Columne mit solchen Zahlen anzufangen, deren zwei letzte Ziffern 00 oder 50 sind, und dadurch ist der bequeme Gebrauch dieser Tafeln ebenfalls gestört worden. Die frühern Herausgeber dieser Tafeln, die oft ihr ganzes Leben an die Berechnung derselben gesetzt haben, hatten ohne Zweifel ihre guten Gründe, sie so und nicht anders anzuordnen, und es kann ihren Nachfolgern nicht schwer seyn, sich von diesen Gründen selbst zu überzeugen und daher auch ihnen Folge zu geben. Wir haben nur in Deutschland, obendrein in diesem Jahrhundert, eine wahre Unzahl solcher logarithmischen und trigonometrischen Tafeln erhalten, deren Verfasser beinahe alle ihre eigenen Wege gegangen sind, die sie besser verlassen haben würden, um dafür die alten von Gardiner, Schulz, Vega, Vlacq u. dgl. beizubehalten. Der eine hat ein gröfseres Format gewählt und dadurch das Aufschlagen des Buches unbequem gemacht, der andere hat die horizontalen Striche nach jeder fünften Zeile weggelassen und dadurch den Gebrauch der Tafeln erschwert, der dritte glaubte die schärfsten und schwärzesten Ziffern auf dem weifsesten Papiere nehmen zu müssen und hat dadurch nur die Augen der Rechner ermüdet u. s. w. Selbst Callet in seinen sonst so trefflichen Tafeln ist von diesen und ähnlichen Fehlern nicht frei geblieben.

In der That sollte ein Werk, wie diese logarithmischen und trigonometrischen Tafeln, die auf dem Tische jedes Rechners liegen und sein ganzes Leben hindurch nicht aus seinen Händen kommen, nicht anders als mit der gröfsten Vorsicht und mit der Berücksichtigung aller, auch der kleinsten, Umstände ins Leben treten. Auch die geringste, auf den ersten Blick beinahe verschwindende Vernachlässigung wird, tausend- und aber tausendmal wiederholt, endlich ein grofser und daher beschwerlicher Fehler. Es wäre zu wünschen, dafs Babbage in London seine Erfahrungen über diesen Gegenstand öffentlich mittheilen wollte. Als ich vor längerer Zeit die nähere Bekanntschaft dieses ausgezeichneten Mannes machte, hatte er bereits seit vielen Jahren alle Ausgaben dieser Tafeln gesammelt und verglichen, und was er an jeder derselben Gutes und Böses gefunden hatte, sorgsam zusammengestellt. Die Mikrologie, mit welcher er verfuhr, erschien auf den ersten Blick auffallend, aber der reifern Ueberlegung mufste sie sich sehr gerecht und zweckmäfsig darstellen. Was das Aeufsere dieser Tafeln betrifft, so gab er den Vega'schen, wie sie in der ersten Auflage (Wien bei Trattner, 1783) erschienen, beinahe in allen Beziehungen den Vorzug. Die von Vega gewählte Gröfse des Formats, die stumpfen Ziffern, deren dünne und dickere Striche nur wenig von einander verschieden sind, die gewählte Gröfse dieser Ziffern, die geringere und doch noch prägnante Schwärze derselben, selbst das etwas gelbgraue, das Auge keineswegs blendende und doch die Ziffer deutlich hervorhebende Papier, die Trennung der Zeilen durch horizontale Striche, der viel kräftigere verticale Strich, der bei den Logarithmen der natürlichen Zahlen die 5 ersten Columnen von den 5 letzten trennt, diese und viele andere Einrichtungen hatten seinen ungetheilten Beifall, so wie ihm alle die Aenderungen durchaus mifsfielen, die Callet mit den so eben angeführten Eigenthümlichkeiten Vega's vorzunehmen für gut gefunden hat, vorzüglich aber die zwei ersten verticalen Columnen, die Callet den natürlichen Zahlen vorgesetzt hatte, und die in der That zu nichts dienen, als den Gebrauch des Buches beschwerlicher zu machen.

Es wäre sehr zu wünschen, dafs einer unserer ausgezeichnetsten Typographen, auf den Rath und unter der Leitung verständiger Freunde, uns eine in allen Beziehungen vorzüg-

Digitized by Google

liche, stereotype Ausgabe dieser Tafeln zu liefern sich entschliefsen möchte. Wenn sie, wie sie soll, alle anderen an Zweckmäfsigkeit und Brauchbarkeit hinter sich zurückläfst, so wird es ihr auch nicht an Abnahme fehlen, und das Bessere wird auch hier, wie überall, das Mittelmäfsige verdrängen. Auch ich habe aus langer Erfahrung die Ueberzeugung gewonnen, dafs man am besten thun würde, sich in dem Aeufseren so nahe als möglich an die älteste Ausgabe von Vega zu halten. Was aber die innere Einrichtung betrifft, so möchte ich dafür folgende Veränderungen vorschlagen.

1) Die natürlichen Zahlen, deren Logarithmen in dem ersten Theile gegeben werden, sollten nicht von 1, sondern sofort von 1000 anfangen und dabei die sogenannte Charakteristik als unnütz ganz weggelassen werden.

2) Der Decimalstellen sollen nicht 7, sondern nur 6 seyn, da diese zu allen astronomischen und physikalischen Rechnungen hinreichen. Fünf Stellen, wie in den Lalande'schen Tafeln, sind in vielen Fällen nicht genügend, die siebente aber erschwert in den meisten Rechnungen ganz unnützer Weise die Arbeit.

3) In der Tafel der Logarithmen der 4 trigonometrischen Functionen, welche die zweite Abtheilung des Werkes, das nur einen Band haben soll, bilden, sollen die ersten 5 Grade von Secunde zu Secunde und alle folgenden Grade, bis zu dem fünfundvierzigsten, von 10 zu 10 Secunden, wie bei Callet, aber ebenfalls nur in 6 Decimalstellen gegeben werden.

4) Dabei sollen aber die drei verticalen Columnen, die z. B. in Callet's Tafeln die Differenzen enthalten, wegbleiben, und dafür solche kleine Täfelchen eingeschaltet werden, wie sie Vega bei den Logarithmen der natürlichen Zahlen sehr zweckmäfsig angebracht hat. Um dieses durch ein Beispiel deutlich zu machen, würde z. B. der Logarithmus des Sin. 15° so dargestellt werden können.

	Sinus.	Diff.	
15° 0′ 0″ . .	. 9,412996	1	8
10 . .	. 9,413075	2	16
20 . .	. 9,413153	3	24
30 . .	. 9,413232	4	32
40 . .	. 9,413310	5	39
50 . .	. 9,413389	6	47
15° 1′ 0″ . .	. 9,413467	7	55
		8	63
		9	71

Ist z. B. der Log. Sin. 15° 0′ 36″ zu suchen, so giebt die Tafel

Log. Sin. 15° 0′ 30″	9,413232
und die Differenz 6	47
gesuchter Logar.	9,413279.

Ist aber umgekehrt von dem Logarithmus Sinus = 9,413365 der Winkel zu suchen, so giebt die Tafel für den nächst kleineren

Logarithmus 9,413310 den Winkel	15° 0′ 40″
und die Differenz 55	7
gesuchter Winkel . .	15° 0′ 47″.

Diese zwei Beispiele werden hinreichen, den Gebrauch und den Vortheil der neu einzuführenden kleinen Täfelchen statt jener alten fortlaufenden Differenz-Columnen in das nöthige Licht zu setzen. Der Vortheil ist nämlich dreifach. 1) Man findet durch die neuern Tafeln die zu suchende Correction viel leichter und bequemer, als durch die alten. 2) Dadurch werden die beiden Theile des Ganzen, die Logarithmen der Zahlen und die der trigonometrischen Functionen, ganz harmonisch und gleichförmig eingerichtet. Dasselbe Verfahren, welches in dem ersten Theile für jede Zahl den Logarithmus giebt und umgekehrt, giebt auch unverändert im zweiten Theile zu jedem Log. Sinus seinen Winkel und umgekehrt. 3) Endlich fällt durch diese neue Einrichtung alle Multiplication und Division ganz weg und an ihre Stelle tritt nur Addition oder Subtraction, wie es sich für die Logarithmen ziemt, deren gröſster Vortheil eben in dieser Verwechselung jener vier Rechnungsarten besteht.

Noch ist zu wünschen, daſs bei einer solchen neuen Auflage alle die unnöthigen oder wenigstens nicht hierher gehö-

senden Zuthaten und Auswüchse weggelassen würden, welche so viele ältere Editionen verunzieren, ihren Preis erhöhen und durch das gröfsere Volumen des Buches den Gebrauch desselben unbequem machen. Dahin gehört z. B. die unübersehbare Einleitung über die Berechnung der Logarithmen, mit der CALLET sein Buch beschwert hat; dahin die Tafeln der natürlichen Logarithmen, der Potenzen und Wurzeln der natürlichen Zahlen u. s. w., die alle recht willkommen seyn mögen, aber nicht in ein Werk dieser Art gehören, von dem jedes überflüssige Blatt entfernt gehalten werden soll, da es nur den täglichen Gebrauch desselben stört, und da diese und andere Tafeln dieser Art viel besser in einem eigenen Werkchen gesammelt werden können, das man, so oft sich der Fall darbietet, nachschlagen mag.

Die Logarithmen sind eine der schönsten Entdeckungen des menschlichen Geistes und diejenige, auf die er am meisten stolz seyn darf, da er sie nicht, wie die meisten andern Erfindungen, dem blinden Zufalle oder der vieljährigen Concurrenz einer grofsen Anzahl hochbegabter Männer zu danken hat, sondern da sie eine reine Frucht des Nachdenkens sind, und da sie endlich nicht nur auf dem Felde der Wissenschaft, sondern auch im gewöhnlichen Leben von so vielfacher Anwendung sind. Weniger für den täglichen Gebrauch, aber darum nicht minder wichtig für tiefere scientifische Untersuchungen, würde eine ähnliche tabellarische Bearbeitung der *elliptischen Functionen* seyn, deren hohen Werth man erst in unsern Tagen anerkannt hat und wohl später, wenn sie mehr entwickelt seyn werden, noch mehr anerkennen wird. Die Tafeln aber, die LEGENDRE in seinen *Exercices du calcul intégral* gegeben hat, sind schon jetzt nicht für alle Bedürfnisse zureichend. Von dem bekannten deutschen Fleifse werden solche Tabellen vorzüglich zu erwarten seyn.

Noch müssen wir der Kunstgriffe erwähnen, die man angewendet hat, gegebene analytische Ausdrücke in zweckmäfsige Tabellen zu bringen. Dafs sich darüber keine allgemeinen Regeln aufstellen lassen, ist für sich klar, weshalb wir uns auch hier nur auf einige Beispiele beschränken. Wir wählen zuerst die bekannten Formeln der *Aberration*[1] und der *Nutation*[2]. Nennt

1 S. *Abirrung* Bd. I. S. 20.

2 S. *Vorrücken der Nachtgleichen.*

man a und p die Rectascension und die Poldistanz eines Gestirns, ☊ die Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn und L die Länge der Sonne, so hat man für die Nutation dieses Gestirns in Rectascension

$$\begin{aligned}\partial a = &- 15'',39 \text{ Sin.} ☊ \\ &- (6'',68 \text{ Sin.} ☊ \text{ Sin.} a + 8'',98 \text{ Cos.} ☊ \text{ Cos.} a) \text{ Cotg.} p \\ &- 1'',22 \text{ Sin.} 2L \\ &- (0'',53 \text{ Sin.} 2L \text{ Sin.} a + 0'',58 \text{ Cos.} 2L \text{ Cos.} a) \text{ Cotg.} p\end{aligned}$$

und für die Nutation in Poldistanz

$$\begin{aligned}\partial p = &\ 6'',68 \text{ Sin.} ☊ \text{ Cos.} a - 8'',98 \text{ Cos.} ☊ \text{ Sin.} a \\ &+ 0'',53 \text{ Sin.} 2L \text{ Cos.} a - 0'',58 \text{ Cos.} 2L \text{ Sin.} a.\end{aligned}$$

Aehnliche Ausdrücke hat man auch für die Aberration.

Da die Astronomen diese beiden Nutationen sehr oft entwikkeln müssen, so mufste ihnen daran gelegen seyn, diese Entwickelung durch zweckmäfsige Tafeln so kurz und bequem als möglich zu machen. Auch hat es an Versuchen dazu nicht gefehlt. Einer der unbeholfensten ist wohl der, den Hell in den Wiener astron. Ephemeriden mitgetheilt und als einen stehenden Artikel durch viele Jahrgänge wiederholt hat. Er bedurfte dazu einer grofsen Anzahl von Tafeln, die viele Seiten füllen und am Ende noch unbequemer seyn mögen, als die unmittelbare Berechnung der Formeln selbst. Zweckgemäfser verfuhr schon Cagnoli in seiner Trigonometrie, und noch mehr Lambert, dessen Tafeln in der bekannten Sammlung der Tabellen erschienen sind, welche die Akademie in Berlin herausgegeben hat. Nach ihnen kamen die Aberrations- und Nutationstafeln von Delambre, die Lalande mit so vielem Lobe, als die bestmöglichen, in seine Astronomie aufgenommen hat. In der That waren die letzten wenigstens zehnmal kürzer und bequemer, als die von Hell gegebenen, und es war kaum zu erwarten, dafs man sie noch weiter verbessern könne, um so weniger, da schon so viele Astronomen ihre Kräfte daran versucht hatten. Allein Gauss, dem die Wissenschaft so viel verdankt, wufste diesem so oft und viel besprochenen Gegenstande doch noch eine neue und zwar sehr vortheilhafte Seite abzugewinnen. Seine Tafeln, denen wohl Niemand den Vorzug vor allen andern bestreiten wird, sind auf die Idee gegründet, die allerdings einfach genug ist, um von Jedermann gefunden zu werden, die aber doch Niemand vor ihm be-

Digitized by Google

merkt hat, auf die Idee nämlich, daſs jeder Ausdruck der Form

$$A(\alpha \operatorname{Cos.} \beta \operatorname{Cos.} \gamma + \operatorname{Sin.} \beta \operatorname{Sin.} \gamma)$$

immer auch auf die Gestalt

$$x . \operatorname{Cos.} (\beta - \gamma + y)$$

gebracht werden kann, wenn man nur die beiden Gröſsen x und y gehörig entwickelt. Setzt man nämlich die Factoren von Sin. γ und von Cos. γ in beiden Ausdrücken einander gleich, so erhält man

$$A \alpha \operatorname{Cos.} \beta = x (\operatorname{Cos.} \beta \operatorname{Cos.} y - \operatorname{Sin.} \beta \operatorname{Sin.} y)$$

und

$$A \operatorname{Sin.} \beta = x (\operatorname{Sin.} \beta \operatorname{Cos.} y + \operatorname{Cos.} \beta \operatorname{Sin.} y)$$

und aus diesen beiden Gleichungen erhält man für x und y die folgenden Werthe

$$x = A \sqrt{1 - (1 - \alpha^2) \operatorname{Cos.}^2 \beta}$$

und

$$\operatorname{Tang.} y = \frac{(1 - \alpha) \operatorname{Sin.} \beta \operatorname{Cos.} \beta}{1 - (1 - \alpha) \operatorname{Cos.}^2 \beta}.$$

Wendet man dieſs auf die vorhergehenden Ausdrücke der Nutation an, und betrachtet man zuerst diejenigen Glieder, die von L unabhängig sind, so erhält man

$$x = 6{,}68 \sqrt{1 + 0{,}8071 \operatorname{Cos.}^2 \Omega}$$

und

$$\operatorname{Tang.} y = - \frac{0{,}3443 \operatorname{Sin.} \Omega \operatorname{Cos.} \Omega}{1 + 0{,}3443 \operatorname{Cos.}^2 \Omega}.$$

Man wird daher nur eine kleine Tafel zu entwerfen haben, die für jeden Werth von Ω die Werthe von x und y und überdieſs die Gröſse

$$z = - 15'',39 \operatorname{Sin.} \Omega$$

giebt, und man wird dann aus dieser Tafel mit einer sehr einfachen Rechnung sofort die beiden Nutationen ∂a und ∂p mittelst folgender Gleichungen finden

$$\partial a = - x \operatorname{Cos.} (\Omega + y - a) . \operatorname{Cotg.} p + z$$

und

$$\partial p = x \operatorname{Sin.} (\Omega + y - a).$$

Will man dann auch noch die von L abhängigen Glieder oder will man die Solarnutation haben, so wird man, wie leicht einzusehen, nur noch einmal in dieselben Tafeln, aber mit dem Argumente 2L statt mit Ω, eingehn und die so erhal-

Digitized by Google

tenen Werthe durch die constante Zahl 0,08 multipliciren, um bis auf ein oder zwei Zehntheile einer Secunde auch noch die von L abhängigen Glieder der oben gegebenen Ausdrücke von ∂a und ∂p zu erhalten. Ganz dasselbe Verfahren läſst sich auch auf die bekannten Formeln der Aberration anwenden, daher wir uns hier nicht weiter dabei aufhalten.

Nicht minder glücklich reducirte Gauss die Formel zu Höhenmessungen durch das Barometer, an der schon so viele vor ihm sich versucht hatten, auf eine sehr kleine Tafel. Diese Formel ist, wie sie in Laplace's *Mécanique céleste* mitgetheilt wird, folgende:

$$h = \alpha . \beta . \gamma,$$

wo man hat

$$\alpha = 9407,7244 + 26,6798 \text{ Cos. } 2\,\varphi,$$
$$\beta = 1 + 0,0025\,(t + t'),$$
$$\gamma = \text{Log.} \frac{b}{[1 + 0,00023\,(T - T')] . b'},$$

und in diesen Ausdrücken bezeichnet

b den Stand des Barometers, t des äuſsern, T des innern Thermometers an der untern Station,

b' - - - - - - - t' des äuſsern, T' des innern Thermometers an der obern Station,

φ die Breite des Orts,

h den gesuchten Höhenunterschied in Toisen.

Die beiden Barometer können in beliebigem, nur für beide in gleichem Maſse genommen werden; T und T' sind die an der Scale des Barometers angebrachten oder sogenannten *inneren* Thermometer, welche die Temperatur des Quecksilbers im Barometer anzeigen, während t und t' die Temperatur der *äuſsern* Luft in der untern und obern Station geben. Beide Thermometer werden hier in Graden der achtzigtheiligen Scale verstanden. Hat man also andere Thermometer gebraucht, so muſs man zuerst ihre Angaben in Réaumür'sche Grade verwandeln.

Etwas genauer wird man noch, wenn man die Höhendifferenz h durch den vorhergehenden Ausdruck

$$h = \alpha . \beta . \gamma$$

gefunden hat, die verbesserte Höhendifferenz h' durch folgenden Ausdruck finden

$$h' = h + 0{,}000000266\,\alpha\beta z + 0{,}000000306\,z^2$$

und so hat ihn auch, wenn gleich unter einer andern Gestalt, LAPLACE[1] gegeben.

Diesen Ausdruck hat GAUSS durch drei kleine Täfelchen dargestellt, die bereits oben[2] mitgetheilt worden sind. Da aber die dort gegebene Anleitung zum Gebrauch dieser Tafeln nicht ganz deutlich scheint, so wollen wir sie hier ganz mit denselben Worten geben, wie sie GAUSS[3] selbst mitgetheilt hat. Der Kürze wegen nennen wir die Zahlen der

Tafel I . . . . A
— II . . . . B
— III . . . . C.

Man ziehe also von Log. b ab die Gröfse 10 T
und von Log. b′ - - - 10 T′,

natürlich mit Berücksichtigung der Zeichen von T und T′, und nenne u die Differenz (Log. b — 10 T) — (Log. b′ — 10 T′).

Aus der Tafel I. wird mit dem Argumente (t + t′) die Gröfse A genommen und aus der Tafel II. mit dem Argumente φ die Gröfse B, so hat man sofort den genäherten Werth

$$h = \text{Log.}\, u + A + B.$$

Mit diesem h nimmt man dann aus der Tafel III. die Gröfse C, und dann ist der verbesserte Werth von h, den wir durch h′ bezeichnen wollen,

$$\text{Log.}\, h' = h + C \text{ in Metern}$$

oder

$$\text{Log.}\, h' = h + C + 9{,}71018 \text{ in Toisen.}$$

Dabei wird vorausgesetzt, dafs man in der Tafel I. nur die erste Columne A′ in Metern nimmt (die zweite A′ in Par. Fufs ist ganz überflüssig und wird besser ganz weggelassen, da sie die Tafel ohne Zweck erweitert). Noch kann man bemerken, dafs B positiv für $\varphi < 45^\circ$
und negativ für $\varphi > 45^\circ$ ist.

Um diese Vorschriften durch ein Beispiel deutlich zu machen, sey

1 Mécanique Céleste Liv. X. Chap. IV.

2 S. *Höhenmessung* Bd. V. S. 329.

3 Jahrbuch für 1837. Herausgegeben von H C. Schumacher. 1837. S. 207.

Digitized by Google

unt. Station b = 316,27; T = + 0°,5 Réaum., t = + 0°,3 Réaum.,
obere Stat. b' = 286,53; T' = — 1,7 t' = — 1,9,
$\varphi = 48°$

Damit erhält man

Log. b = 2,50006; Log. b — 10 T = 2,50001
Log. b' = 2,45717; Log. b' — 10 T' = 2,45734

u = 0,04267, Log. u = 8,63012

Mit t + t' = — 1°,6 giebt	Taf. I.	A =	4,26264
Mit φ = 48	Taf. II.	B =	-0,00013
		h =	2,89263
Mit h = 2,9	Taf. III.	C =	0,00005
		h + C = Log. h' =	2,89268
oder		h' =	781,06 Meter.

Will man die Höhe h' in Toisen, so ist

2,89268
9,71018
Log. h' = 2,60286
h' = 400,74 Toisen.

Die sinnreiche und zweckmäſsige Einrichtung dieser Tafeln wird keiner weitern Erläuterung bedürfen.

Durch einen geschickten Gebrauch solcher Tafeln kann man auch öfter mit einer und derselben Tafel verschiedene Probleme auflösen, deren jedes eigentlich eine besondere Tafel erfordert hätte. So giebt z. B. die Tafel, welche oben[1] mitgetheilt worden ist, aus der bekannten Sternzeit die mittlere Sonnenzeit, allein sie kann auch mit einer geringen Modification für die Auflösung des umgekehrten Problems gebraucht werden, wo man die Sternzeit sucht, wenn die mittlere Zeit gegeben ist. Da dieses schon oben erläutert wurde, so halten wir uns hier nicht länger dabei auf.

Man pflegt die Zahl, mit welcher man in eine Tafel eingeht, um damit die gesuchte Gröſse zu erhalten, das *Argument* der Tafel zu nennen. So ist in den genannten drei Tafeln für Höhenmessungen durch das Barometer

	(t + t')	das Argument der Tafel	I
	φ	- - - - - -	II
und	h	- - - - - -	III.

1 S. Art. *Sternzeit.* Bd. VIII. S. 1018.

Digitized by Google

Allein oft ist es zur Berechnung einer Tafel bequemer, das Argument als die gesuchte Gröfse und die unbekannte Zahl der Tafel als die gegebene anzunehmen. So hat man z. B. bei den Kometenrechnungen den bekannten Ausdruck:

$$\text{Tang.}\,\frac{v}{2} + \tfrac{1}{3}\,\text{Tang}^3.\,\frac{v}{2} = (0{,}0344042)\,.\,p^{-\frac{3}{2}}\,.\,t,$$

wo v die wahre Anomalie des Kometen in seiner parabolischen Bahn, p den halben Parameter dieser Bahn und endlich t die Zeit in Tagen bezeichnet, seit welcher der Komet durch sein Perihel gegangen ist. Bei der natürlichen Stellung der Aufgabe ist p eine bekannte Gröfse und die Zeit t gegeben, so wie die Anomalie v zu suchen. Allein dann fordert die Bestimmung von v die Auflösung einer kubischen Gleichung. Wenn man also z. B. für die einzelnen Tage $t = 1, 2, 3..$ die wahre Anomalie für eine Tafel berechnen wollte, so müfste man diese kubische Gleichung sehr oft auflösen, was die Construction der Tafel sehr beschwerlich machen würde. Es wird aber viel bequemer seyn, die Werthe von $v = 1°, 2°, 3°...$ als bekannt oder als das Argument der Tafel anzunehmen und daraus den entsprechenden Werth von t zu suchen. Diese Erleichterung der Rechnung wird dann erlauben, die auf einander folgenden Werthe von v, also auch von t, viel kleiner als zuvor anzunehmen, so dafs man beim Gebrauche der Tafel sich immer mit einer einfachen Proportion begnügen kann, ohne erst die zweiten und höhern Differenzen zu Hülfe zu rufen. Barker's bekannte Kometentafel, die Olbers Werke über die Berechnung der Kometenbahnen beigedruckt ist, überhebt uns übrigens dieser Mühe, jene Tafel noch einmal zu berechnen.

Von besonderem Nutzen sind die *allgemeinen* Tafeln, deren Anwendung sich auf mehrere Probleme erstreckt. Hierher gehört z. B. die Tafel, welche zuerst Delambre in der hier nothwendigen Ausdehnung gegeben hat und die den Werth von

$$\frac{2\,\text{Sin.}^2\tfrac{1}{2}t}{\text{Sin.}\,1''}$$

für die einzelnen Secunden der Zeit t, also von $t = 1'', 2'', 3''...$ etwa bis $t = 30$ Minuten giebt. Verbindet man diese Tafel noch mit einer kleinern für die Gröfse

$$\frac{2\,\text{Sin.}^4 \tfrac{1}{2} t}{\text{Sin.}\,1''},$$

so wird man sie bei der Auflösung vieler astronomischer und physikalischer Probleme mit grofsem Vortheile anwenden.

Es giebt Tafeln, die ihrer Natur nach nur für eine kurze Zeit richtig seyn können, und die man doch nicht so oft berechnen möchte, um sie z. B. für ein ganzes Jahrhundert anwenden zu können. Die oben erwähnte *Gleichung der Bahn* der Planeten ist nach der Formel entworfen:

$$w = 2e\,\text{Sin.}\,m - \tfrac{5}{4} e^2\,\text{Sin.}\,2m + \frac{e^3}{4}\left(\tfrac{13}{3}\,\text{Sin.}\,3m - \text{Sin.}\,m\right) + \ldots$$

wo w diese Gleichung der Bahn, m die mittlere Anomalie[1] und e das Verhältnifs der Excentricität zur halben grofsen Axe bezeichnet. Für die Erde z. B. ist im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts $e = 0{,}016793$. Mit diesem Werthe von e wird man demnach durch die vorhergehende Gleichung eine Tafel berechnen können, die für jeden Werth von $m = 1, 2, 3 \ldots$ Graden den entsprechenden Werth von w giebt, allein diese Tafel würde, da e veränderlich ist, nur für die ersten Jahre vor und nach 1800 gelten, und man würde etwa für jedes andere Decennium wieder eine solche Tafel berechnen müssen. Dieses zu vermeiden könnte man, da die Gröfse e sich nur sehr langsam ändert (in einem Jahrhundert nimmt sie nur um 0,000042 ab), eine solche Tafel mit $e = 0{,}016793$ für 1800 und eine zweite mit $e = 0{,}016751$ für das Jahr 1900 berechnen, und entweder die Zahlen für beide Zeiten in einer Doppeltafel neben einander stellen, oder, was bequemer ist, nur die ersten dieser Zahlen in die Tafel aufnehmen und ihr die Differenz der zweiten Zahlen von der ersten zur Seite geben. Diese Differenz zeigt dann an, wie viel jede der für 1800 berechneten Zahlen in einem Jahrhundert, also auch in einer gegebenen Anzahl von Jahren, sich ändert. Kürzer noch findet man diese sogenannte *seculäre Aenderung* der Gleichung der Bahn, wenn man den vorhergehenden Ausdruck für w differentiirt. Bleibt man bei dem ersten Gliede desselben stehen, so erhält man

$\partial w = 2\,\partial e\,\text{Sin.}\,m$ oder eigentlich

$$\partial w = \frac{2\,\partial e}{\text{Sin.}\,1''}\,.\,\text{Sin.}\,m.$$

1. S. Art. *Mittlerer Planet.* Bd. VI. S. 2312.

Setzt man $\delta e = 0{,}000042$, so hat man

$$\delta w = 17'',33 \text{ Sin. m}$$

und damit wird man die seculäre Aenderung berechnen und der für 1800 bestimmten Tafel hinzufügen können. So ist auch in der That die Einrichtung, welche die Astronomen ihren Planetentafeln gegeben haben.

Es ist bereits oben gesagt worden, daſs einer der gröſsten Vortheile dieser Tafeln darin besteht, daſs sie die oft sehr zusammengesetzten und zeitraubenden Rechnungen der Astronomen ungemein erleichtern. Das Vorhergehende enthält bereits mehrere Beispiele, welche diese Erleichterung deutlich machen. Das Folgende aber, welches wir ebenfalls unserem Gauss verdanken, scheint ganz vorzüglich geeignet, diese Eigenschaft in ihr wahres Licht zu setzen.

Eines der vorzüglichsten und am häufigsten wiederkommenden Probleme der Astronomie ist die Verwandlung des *heliocentrischen Orts* eines Planeten in den *geocentrischen Ort* desselben. Die Erklärung dieser beiden Ausdrücke ist oben[1] gegeben worden, aber auch nichts, als diese Worterklärung, daher wir hier, zum Schlusse des gegenwärtigen Artikels, das Vorzüglichste über diesen wichtigen Gegenstand kurz nachtragen wollen.

Sey l, b, r in derselben Ordnung die heliocentrische Länge und Breite und der Radius Vector des Planeten, λ, β, ϱ die geocentrische Länge und Breite und die Distanz des Planeten von der Erde, und endlich L, B, R die heliocentrische Länge und Breite und der Radius Vector der Erde. Ueberdieſs wollen wir noch durch α und δ die geocentrische Rectascension und Declination des Planeten, durch n die Neigung der Bahn desselben gegen die Ekliptik, durch k die Länge des aufsteigenden Knotens dieser Bahn in der Ekliptik und endlich durch l die Schiefe der Ekliptik bezeichnen und der Kürze wegen die auf die Ebene der Ekliptik reducirten Distanzen r, ϱ und R durch r', ϱ' und R' ausdrüchen, so daſs man also hat

$$r' = r \text{ Cos. } b,$$
$$\varrho' = \varrho \text{ Cos. } \beta,$$
$$R' = R \text{ Cos. } B.$$

---

1 S. Art. *Ort.* Bd. VII. S. 276.

Um nun zuerst aus der heliocentrischen Länge und Breite eines Planeten die geocentrische abzuleiten, hat man, wie sich leicht ergiebt, die folgenden drei Gleichungen:

$$\varrho' \text{Cos.}(\lambda - N) = r' \text{Cos.}(l - N) - R' \text{Cos.}(L - N),$$
$$\varrho' \text{Sin.}(\lambda - N) = r' \text{Sin.}(l - N) - R' \text{Sin.}(L - N),$$
$$\varrho' \text{Tang.}\beta = r' \text{Tang. } b - R' \text{Tang. } B',$$

wo N irgend eine willkürliche Gröſse bezeichnet. Setzt man, um sogleich die für die Rechnung bequemsten Ausdrücke zu erhalten, diese Gröſse

$$N = \tfrac{1}{2}(l + L),$$

so erhält man

$$\text{Tang.}(\lambda - \tfrac{1}{2}(l + L)) = \frac{r' + R'}{r' - R'} \cdot \text{Tang.} \tfrac{1}{2}(l - L),$$

$$\varrho' = (r' + R) \frac{\text{Sin.} \tfrac{1}{2}(l - L)}{\text{Sin.}(\lambda - \tfrac{1}{2}(l + L))},$$

$$\text{Tang.}\beta = \frac{r' \text{Tang. } b - R' \text{Tang. } B}{\varrho'},$$

und durch diese Gleichungen erhält man λ, ϱ' und β, wenn l, b, r und L, B, R bekannt sind, wodurch das gegebene Problem aufgelöst wird. In den meisten Fällen wird man $B = 0$, also auch $R' = R$ setzen können.

Um nun auch ebenso die verkehrte Aufgabe aufzulösen oder um aus der geocentrischen Länge und Breite den heliocentrischen Ort des Planeten zu finden, hat man, wenn u das Argument der Breite bezeichnet, wieder folgende drei Gleichungen:

$$r \text{Cos. } u - R \text{Cos.}(L - k) = \varrho \text{Cos.}\beta \text{Cos.}(\lambda - k),$$
$$r \text{Sin. } u \text{Cos. } n - R \text{Sin.}(L - k) = \varrho \text{Cos.}\beta \text{Sin.}(\lambda - k),$$
$$r \text{Sin. } u \text{Sin. } n = \varrho \text{Sin.}\beta,$$

und daraus wird man u, r und ϱ finden, wenn λ, β, n, k und L bekannt sind. Setzt man nämlich

$$\text{Tang. } A = \frac{\text{Cos.}(L - k) \text{Tang.}\beta}{\text{Sin.}(L - \lambda)}$$

und

$$\text{Tang. } B = \frac{\text{Tang.}\beta}{\text{Sin.}(\lambda - k)},$$

so findet man

$$\text{Tang. } u = \frac{\text{Sin. A Tang.}(L-k)}{\text{Sin. }(A+n)},$$

$$r = \frac{\text{R Sin. B Sin. }(L-k)}{\text{Sin.}(B-n)\text{ Sin. }u},$$

$$\varrho = \frac{\text{R Sin. B Sin.}(L-k)\text{ Sin. }n}{\text{Sin. }\beta\text{ Sin.}(B-n)}.$$

Dieses sind wohl die einfachsten Auflösungen, die man von den beiden in Rede stehenden Problemen geben kann. Allein das erste ist noch einer nähern Betrachtung werth. Die Astronomen bedürfen nämlich, zur Vergleichung ihrer Planetenbeobachtungen mit den Tafeln dieser Planeten, nicht sowohl die geocentrische Länge λ und Breite β, als vielmehr die geocentrische Rectascension α und Declination δ dieses Planeten, und es ist daher sehr wünschenswerth, aus jenen Tafeln, die nur das Argument der Breite u und den Radius Vector r geben, unmittelbar die Gröſsen α und δ zu finden.

Gauss hat dieses Problem auf eine Weise gelöst, die in Beziehung auf ihre Schärfe und Eleganz wohl nichts mehr zu wünschen übrig lassen kann[1]. Wir wollen diese Auflösung hier unter einer abgekürzten Form mittheilen.

Bestimmt man die Lage der Erde gegen die Sonne durch drei rechtwinklige Coordinaten X, Y und Z, von denen X und Y in der Ebene des Aequators und X in der Linie der Nachtgleichen liegt, so hat man

$X = \text{R Cos. L}$, $Y = \text{R Sin. L Cos. e}$, $Z = \text{R Sin. L Sin. e}$ .... (I).

Bestimmt man ebenso die Lage des Planeten gegen die Sonne durch drei andere senkrechte Coordinaten x'', y'', z'', von welchen x'' in der Knotenlinie und x'', y'' in der Ekliptik liegen, so hat man

$x'' = r \text{ Cos. } u$, $y'' = r \text{ Sin. } u \text{ Cos. } n$, $z'' = r \text{ Sin. } u \text{ Sin. } n$.

Gehn aber diese Coordinaten in andere x', y', z' über, von welchen x' in der Linie der Nachtgleichen und x', y' in der Ekliptik liegen, so hat man

$x' = x'' \text{ Cos. } k - y'' \text{ Sin. } k$, $y' = x'' \text{ Sin. } k - y'' \text{ Cos. } k$ und $z' = z''$.

Transformirt man endlich auch diese Coordinaten in solche x, y, z, von denen x in der Linie der Nachtgleichen und x, y in dem Aequator liegen, so hat man

1. V. Zach Monatl. Corr. Th. IX. S. 385.

$x = x'$, $y = y' \text{Cos.} e - z' \text{Sin.} e$, $z = y' \text{Sin.} e + z' \text{Cos.} e$.
Substituirt man in den drei letzten Ausdrücken die Werthe von x', y', z' und stellt dann auch die vorigen Werthe von x'', y'', z'' wieder her, so erhält man

$$\frac{x}{r} = \text{Cos.} u \, \text{Cos.} k - \text{Sin.} u \, \text{Sin.} k \, \text{Cos.} n,$$

$$\frac{y}{r} = \text{Cos.} u \, \text{Sin.} k \, \text{Cos.} e + \text{Sin.} u \, \text{Cos.} k \, \text{Cos.} n \, \text{Cos.} e - \text{Sin.} u \, \text{Sin.} n \, \text{Sin.} e,$$

$$\frac{z}{r} = \text{Cos.} u \, \text{Sin.} k \, \text{Sin.} e + \text{Sin.} u \, \text{Cos.} k \, \text{Cos.} n \, \text{Sin.} e + \text{Sin.} u \, \text{Sin.} n \, \text{Cos.} e.$$

Um aber diese drei Ausdrücke zur Rechnung bequemer zu machen, wird man folgende sechs Hülfsgröfsen A, B, C und a, b, c einführen:

$$\text{Tang.} A = -\frac{\text{Cotg.} k}{\text{Cos.} n}, \quad \text{Sin.} a = \frac{\text{Cos.} k}{\text{Sin.} A},$$

$$\text{Tang.} B = \frac{\text{Sin.} k \, \text{Cos.} e \, \text{Sin.} \psi}{\text{Sin.} n \, \text{Cos.} (\psi + e)}, \quad \text{Sin.} b = \frac{\text{Cos.} e \, \text{Sin.} k}{\text{Sin.} B},$$

$$\text{Tang.} C = \frac{\text{Sin.} k \, \text{Sin.} e \, \text{Sin.} \psi}{\text{Sin.} n \, \text{Sin} (\psi + e)}, \quad \text{Sin.} c = \frac{\text{Sin.} e \, \text{Sin.} k}{\text{Sin.} C},$$

wo man hat:

$$\text{Tang.} \psi = \frac{\text{Tang.} n}{\text{Cos.} k}$$

und wodurch daher die obigen Werthe von x, y und z folgende sehr einfache Gestalt erhalten

$$\left.\begin{array}{l} x = r \, \text{Sin.} a \, \text{Sin.} (A + u) \\ y = r \, \text{Sin.} b \, \text{Sin.} (B + u) \\ z = r \, \text{Sin.} c \, \text{Sin} (C + u) \end{array}\right\} \ldots \quad \text{(II)}.$$

Kennt man aber auf diese Weise die Gröfsen X, Y, Z aus (I) und x, y, z aus (II), so erhält man die drei unbekannten Gröfsen α, δ und ϱ, welche die geocentrische Lage des Planeten gegen den Aequator bestimmen, durch folgende Ausdrücke

$$\left.\begin{array}{l} \varrho \, \text{Cos.} \alpha \, \text{Cos.} \delta = x - X \\ \varrho \, \text{Sin.} \alpha \, \text{Cos.} \delta = y - Y \\ \varrho \, \text{Sin.} \delta = z - Z \end{array}\right\} \ldots \quad \text{(III)}.$$

Digitized by Google

Delambre hat gegen diese Auflösung die Einwendung gemacht, daſs sie umständlicher und mühsamer als alle anderen bisher bekannten ist. Das ist wahr, wenn von der Berechnung eines einzigen Planetenorts die Rede ist. Allein Gauss gab sie für den besonders bei den vier neuen Planeten oft vorkommenden Fall, wo man eine Ephemeride derselben berechnen oder wo man mehrere auf einander folgende Beobachtungen mit den Elementen oder mit den auf diese Elemente gegründeten Tafeln vergleichen will. Und da würde schon die geringste Aufmerksamkeit hinlänglich gewesen seyn, um die Vorzüglichkeit dieser Auflösung vor allen übrigen anzuerkennen. In der That, die sechs Gröſsen A, B, C und a, b, c hängen nur von den Gröſsen n, k und e ab, und da die letztern sich nur sehr langsam ändern, so kann man auch jene sechs Gröſsen für eine längere Zeit als constant betrachten und sie daher für einen groſsen Theil der erwähnten Ephemeride nur einmal berechnen.

Um dieses durch ein Beispiel zu erläutern, hat man für den Planeten Mars

Jahr 1840	. . . . . .	Jahr 1900
n = 1° 51′ 3″	. . . . . .	1° 51′ 0″
k = 48 16 18	. . . . . .	48 41 18
e = 23 27 35	. . . . . .	23 27 5

und daraus findet man durch Hülfe der obigen Gleichungen:

für 1840	. . . .	jährliche Aenderung
A = 89° 59′ 12	. . . .	— 0″,50
B = 0 37 12	. . . .	— 0,50
C = 356 59 2	. . . .	— 1,83
Log. Sin. a = 9,99989	. .	— 0,0000012
Log. Sin. b = 9,95839	. .	+ 0,0000020
Log. Sin. c = 9,62176	. .	— 0,0000080

Wenn sonach die Werthe dieser sechs Gröſsen für die Zeit von 1840 bis 1900 bekannt sind, so sieht man, daſs die Gauſs'sche Auflösung selbst für eine einzelne Bestimmung bequemer ist, als z. B. die früher gegebene, da man durch diese letzte doch nur λ und β, aber nicht α und δ erhält und da doch die zwei letzten Gröſsen die eigentlich gesuchten sind. Allein selbst diese Auflösung läſst sich noch durch Hülfe einer Tafel sehr vereinfachen, und dieses ist die vorzüglichste

Digitized by Google

Ursache, warum sie hier in diesem Artikel angeführt wird. Aus dem Vorhergehenden ist nämlich bekannt, wie man für jede gegebene Zeit die mittlere Anomalie und daraus die wahre Anomalie ν und den Radius Vector des Planeten finden kann[1]. Ist dann P die bekannte Länge des Periheliums, so ist das Argument u der Breite

$$u = \nu + P - k.$$

Kennt man aber u und r, nebst den oben angeführten sechs Constanten, so hat man mittelst der Gleichungen (II) auch die Gröfsen x, y und z, das heifst also, man kann für jeden Planeten eine Tafel berechnen, die für jeden Werth $m = 1°, 2°, 3°\ldots$ der mittleren Anomalie sofort die drei Coordinaten x, y, z giebt, die den wahren Ort dieses Planeten gegen die Sonne in Beziehung auf den Aequator bestimmen.

Eine ähnliche Tafel wird man auch mittelst der Gleichungen (I) für die Sonne berechnen können. Da man aber die mittlere Anomalie des Planeten und der Sonne durch eine blofse einfache Addition findet, so sieht man, dafs man durch Hülfe dieser Tafeln die Werthe von x, y, z für den Planeten, so wie die von X, Y, Z für die Sonne, ohne alle Berechnung finden wird. Kennt man aber diese sechs Coordinaten, so findet man daraus unmittelbar die drei gesuchten Werthe von α, δ und ϱ durch die Gleichungen (III), und dadurch ist das Problem vollständig aufgelöst[2].

Zum Gebrauche der Tafeln wird öfter auch die *Interpolation* derselben erfordert, daher es angemessen scheint, hier auch über diesen für den Astronomen und Physiker gleich wichtigen Gegenstand das Vorzüglichste beizubringen. Nehmen wir an, um dieses sofort durch ein Beispiel deutlich zu machen, dafs man aus irgend einer Tafel für die Argumente 1, 2, 3... folgende Zahlen erhalten habe:

Arg.	...	Zahl
1	...	2,30103
2	...	2,32222
3	...	2,34242
4	...	2,36173
5	...	2,38021

1 S. Art. *Mittlerer Planet.* Bd. VI. S. 2318.

2 Man findet dieses Verfahren und die hier erwähnten Tafeln

Digitized by Google

und daſs man z. B. für das Argument $2,4 = 2\frac{2}{5}$ die entsprechende Zahl der Tafel zu suchen habe.

Nach dem gewöhnlichen Verfahren wird man diese Zahl mittelst einer einfachen Proportion auf folgende Weise finden. Da das gegebene Argument zwischen 2 und 3 liegt, wofür die Differenz der Zahlen 0,02020 ist, so hat man

$$1:0{,}02020 = 0{,}4:x \text{ oder } x = 0{,}00808$$
$$2{,}32222$$

gesuchte Zahl . . . 2,33030.

Allein dieses Verfahren ist unrichtig, da die gesuchte Zahl eigentlich 2,33041 seyn soll, indem, wie man sieht, die oben gegebenen fünf Zahlen die Logarithmen von 200, 210, 220, 230 und 240 sind, so daſs also das Argument 2,4 gleich dem Log. 214 oder gleich 2,33041 ist. Der Grund des hier begangnen Fehlers liegt in der unrichtigen Voraussetzung, daſs die Zahlen der Tafel gleichförmig wachsen, was nicht der Fall ist, da ihre Differenzen nicht constant, sondern veränderlich sind. Um nun die wahre zu dem Argumente 2,4 gehörende Zahl zu erhalten, pflegt man gewöhnlich so zu verfahren. Man nimmt an, daſs die gegebenen Zahlen der Tafel zu einer sogenannten arithmetischen Reihe höherer Ordnung gehören, das heiſst, zu einer Reihe, deren 2te, 3te oder 4te ... Differenzen endlich so klein werden, daſs sie als ganz verschwindend angesehn werden können. Es sey nun x, x', x'', x'''... eine solche Reihe. Man bezeichne

die erste Differenz $x' - x$ durch Δx,
die zweite . . . . $x'' - 2x' + x$ durch $\Delta^2 x$,
die dritte . . . . $x''' - 3x'' + 3x' - x$ durch $\Delta^3 x$,
die vierte . . . . $x^{\text{IV}} - 4x''' + 6x'' - 4x' + x$ durch $\Delta^4 x$ u. s. f.

Ist dann x das 0te,
x' das 1ste,
x'' das 2te . . Glied der gegebenen Reihe, so hat man überhaupt für das nte Glied derselben den Ausdruck

$$x^n = x + n \,.\, \Delta x + \frac{n(n-1)}{1.2} \,.\, \Delta^2 x$$
$$+ \frac{n(n-1)(n-2)}{1.2.3} \Delta^3 x$$

---

für die Sonne und alle ältern Planeten vollständig ausgeführt in Littrow's Calendariographie. Wien 1828.

$$+\frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{1.2.3.4}\Delta^4 x + \text{u. s. f.}$$

Um dieses auf unser Beispiel anzuwenden, hat man die

ersten Differenzen . . .	zweiten . . .	dritten
+ 0,02119		
+ 0,02020	− 0,00099	
+ 0,01931	− 0,00089	+ 0,00010
+ 0,01848	− 0,00083	+ 0,00006,

so daſs also ist

$$x = 2{,}30103,$$
$$\Delta x = 0{,}02119,$$
$$\Delta^2 x = -0{,}00099,$$
$$\Delta^3 x = 0{,}00010.$$

Setzt man daher für das gegebene Beispiel $n = 1{,}4$, so ist

$$\frac{n(n-1)}{2} = 0{,}28,$$

$$\frac{n(n-1)(n-2)}{2.3} = -0{,}056,$$

und daher der vorige Ausdruck von x^n

$$x = 2{,}30103$$
$$1{,}4\Delta x = 0{,}02970$$
$$0{,}28\Delta^2 x = -0{,}00028$$
$$-0{,}056\Delta^3 x = -0{,}00001$$

gesuchte Zahl . . . 2,33044,

bis auf die vierte Decimalstelle inclusive genau. Wollte man diese gesuchten Zahlen bis auf die fünfte Decimalstelle genau haben, so müſsten die gegebenen Zahlen der Tafel in 6 Decimalstellen ausgedrückt werden.

Man suche in einem zweiten Beispiele die Länge des Monds für 1810 Juni 24. um 6 Uhr Abends Berliner Zeit. Aus den Berliner Ephemeriden von Bode, wo die Länge des Monds für alle Mittage des Jahres gegeben ist, hat man

24. Juni Mittag . . .	$x = $	15°	5′	21″
25.	$x' = $	27	57	22
26.	$x'' = $	40	33	11
27.	$x''' = $	52	56	13
28.	$x^{IV} = $	65	9	19

und daraus erhält man die folgenden Differenzen

Digitized by Google

$$\Delta x = + 12^\circ\ 52'\ 1''$$
$$\Delta^2 x = -\ \ 16\ \ 12$$
$$\Delta^3 x = +\ \ 3\ \ 25$$
$$\Delta^4 x = -\ \ 34.$$

Setzt man nun $n = \frac{3}{12} = \frac{1}{4}$, so erhält man für den vorhergehenden Ausdruck von x^n

$$x \ldots\ldots\ldots\ 15^\circ\ 5'\ 21'',0$$
$$n\Delta x \ldots\ldots\ + \ 3\ 13\ 0,25$$
$$\frac{n(n-1)}{1.2}\Delta^2 x \ldots + \ 1\ 31,13$$
$$\frac{n(n-1)(n-2)}{1.2.3}\Delta^3 x \ldots + \ .\ 11,21$$
$$\frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{1.2.3.4}\Delta^4 x \ldots + \ 1,28$$

gesuchte Zahl $x^n = 18^\circ\ 20'\ 4'',9$.

Bei physikalischen Versuchen oder Experimenten kommt oft der Fall vor, daſs man die Resultate der einzelnen Beobachtungen nicht in gleichen Intervallen fortschreitend erhält, wie in den vorigen Beispielen. Gesetzt man hätte, um die Expansivkraft des Wasserdampfes zu bestimmen, folgende Beobachtungen angestellt:

für 0° Therm. centigr. fand man d. Expansivkraft	5,06 Millim.
+ 12°	10,71
+ 23	20,58
+ 38	47,58
+ 46	72,39
+ 60	144,66
+ 73	261,43
+ 86	449,26
+ 100	760,00

und man wollte aus diesen Angaben eine Tafel entwerfen, welche die Expansivkraft des Wasserdampfes für alle auf einander folgende Grade 1°, 2°, 3.. bis 100 des Thermometers gäbe. Zu diesem Zwecke würde man zuerst die vorhergehenden Zahlen in eine bestimmte Formel bringen, welche sie alle darstellt. Betrachtet man z. B. die Thermometergrade als die Abscissen x und die dazu gehörenden Expansivkräfte als

die Ordinaten y einer krummen Linie, so könnte man für diese Curve die Gleichung annehmen

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots \quad (IV)$$

und dann die Werthe der Gröfsen a, b, c.. durch die vorhergehenden Beobachtungen bestimmen. Kennt man aber diese Werthe oder, mit andern Worten, kennt man die Gleichung (IV), durch welche alle vorhergehende Experimente über die Expansivkraft für x = 0, 12, 23, 38 u. s. w. dargestellt werden, so wird man dann in derselben Gleichung nur x = 1, 2, 3... setzen, um sofort auch die diesen Thermometergraden 1, 2, 3... entsprechenden Expansivkräfte y zu finden. Nehmen wir an, um dieses durch dasselbe schon oben gegebene Beispiel deutlich zu machen, dafs man durch solche Experimente folgende Zahlen gefunden habe:

x	y
1	2,30103
2	2,32222
3	2,34242
4	2,36173
5	2,38021.

Obschon nämlich hier die Gröfsen x in gleichen Intervallen auf einander folgen, so ist doch das nun folgende Verfahren dasselbe auch für ungleiche Intervalle. Nimmt man also auch hier wieder die Gleichung an

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots,$$

so hat man, wenn man in ihr für x und y die correspondirenden Werthe substituirt, folgende vier Bedingungsgleichungen:

$$\begin{aligned} a + b + c + d &= 2,30103 \\ a + 2b + 4c + 8d &= 2,32222 \\ a + 3b + 9c + 27d &= 2,34242 \\ a + 4b + 16c + 64d &= 2,36173. \end{aligned}$$

Aus diesen letzten Gleichungen erhält man aber auf dem gewöhnlichen Wege der Elimination folgende Werthe der vier unbekannten Gröfsen:

$$\begin{aligned} a &= 2,278740 \\ b &= 0,022868 \\ c &= -0,000595 \\ d &= 0,000017 \end{aligned}$$

Digitized by Google

so dafs daher die gesuchte Gleichung (IV) folgende Gestalt haben wird:

$$y = 2{,}278740 + 0{,}022868x - 0{,}000595x^2 + 0{,}000017x^3.$$

Setzt man in dieser Reihe $x = 2{,}4$, so erhält man

$$\begin{array}{r} 2{,}278740 \\ 0{,}054883 \\ -0{,}003427 \\ 0{,}000235 \\ \hline y = 2{,}330431 \end{array}$$

bis auf die vierte Decimalstelle incl. wie zuvor.

Diese beiden Methoden, die der Interpolation und die der Entwickelung einer allgemeinen Gleichung aus mehrern durch Beobachtungen gegebenen Resultaten, beziehn sich, wie man sieht, immer auf die Voraussetzung, dafs die aus dem Ganzen zu entwickelnde Gleichung die oben (Gleichung IV.) aufgestellte Form habe

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \ldots\ldots$$

und dafs überdiefs die letzten Glieder dieses Ausdrucks endlich so klein werden, dafs man sie ohne merkbaren Fehler weglassen kann.

In den meisten Fällen mag auch diese Gleichung allerdings genügen, aber öfter wird man sie auch unzureichend finden. Es wird aber immer sehr viel daran gelegen seyn, ob man die Form der Reihe der Natur der Aufgabe gemäfs richtig angenommen hat, weil man sonst unmögliche Resultate oder doch divergirende und unbrauchbare Reihen erhalten würde. Bezeichnet z. B. x die Tangente der Zenithdistanz eines Gestirns und y die dazu gehörende Refraction[1], und nimmt man zur Bestimmung der Refraction die obige Gleichung an

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \ldots,$$

so würde man dadurch gleichsam voraussetzen, dafs die Refraction y für eine negative Zenithdistanz nicht blofs in dem Zeichen, sondern auch in dem absoluten Werthe verschieden

1 S. Art. *Strahlenbrechung*. Bd. VIII. S. 1115.

sey von demjenigen y, welches man für dieselbe, aber positive Zenithdistanz erhalten würde, was offenbar unrichtig ist. Ueberdiefs wird man auch die erste Constante a weglassen oder gleich Null setzen, da x mit y zugleich verschwinden mufs, so dafs also die zu behandelnde Gleichung die Form haben mufs

$$y = ax + bx^3 + cx^5 + ..$$

Umgekehrt, wenn man z. B. den Cosinus eines Winkels x durch die folgende Reihe ausdrücken wollte:

$$\text{Cos.}\,x = a + bx + cx^2 + dx^3 + ..,$$

so wird man sich viele unnütze Rechnungen ersparen, wenn man erwägt, dafs der Cosinus eines positiven Winkels, in Beziehung auf Zeichen und Werth, gleich dem Cosinus desselben negativen Winkels, und dafs überdiefs Cos. $0 = 1$ ist, so dafs man daher statt jener Gleichung die folgende angemessenere nehmen wird:

$$\text{Cos.}\,x = 1 + ax^2 + bx^4 + cx^6 + \ldots$$

Bei astronomischen und physikalischen Beobachtungen kommt der Fall sehr oft vor, dafs die aus den Beobachtungen erhaltenen Resultate eine Periodicität, eine Wiederkehr ihrer Werthe zeigen. In allen diesen Fällen wird man statt der obigen Gleichung (IV) vortheilhafter eine Gleichung von folgender Form wählen:

$$\begin{aligned} 1 = a &+ b\,\text{Cos.}\,\varphi + c\,\text{Sin.}\,\varphi \\ &+ b'\,\text{Cos.}2\varphi + c'\,\text{Sin.}2\varphi \\ &+ b''\,\text{Cos.}3\varphi + c''\,\text{Sin.}3\varphi + \text{u. s. w.} \end{aligned}$$

Wählen wir, um diese oft vorkommende Aufgabe durch einen besondern Fall zu erläutern, die oben[1] mitgetheilten Erhöhungen über der Oberfläche der Erde, welche für die verschiedenen Tagesstunden einer Senkung des hunderttheiligen Thermometers von 1° entsprechen. Diese Beobachtungen sind bekanntlich von de Saussure auf dem Col de Géant angestellt worden. Stellen wir sie hier zuerst noch einmal zusammen.

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1011.

		Erhöhung
Mittag oder	0^h	148 Meter
Abends	2	140
	4	142
	6	141
	8	143
	10	157
Mitternacht oder	12	171
Morgens	14	189
	16	210
	18	195
	20	180
	22	160

Die kleinste Erhöhung fällt demnach auf 2 Uhr Abends, wo es am wärmsten ist, und die gröſste auf 4 Uhr Morgens, wo es am kältesten zu seyn pflegt. Man bemerkt aber in den angeführten Zahlen die periodische Wiederkehr auf den ersten Blick. Um nun die Formel zu erhalten, durch welche sich diese Beobachtungen darstellen lassen, wollen wir die seit dem Mittag verflossene Zeit durch einen Winkel φ darstellen, der sich zu 360° verhält, wie diese Zeit selbst zu 24 Uhr, während r die zu diesem Winkel oder zu dieser Tageszeit gehörende Erhöhung über der Erdfläche ausdrückt.

Nimmt man bloſs die ersten vier Glieder der vorigen Reihe oder setzt man

$$r = a + b \,\text{Cos.}\, \varphi + c \,\text{Sin.}\, \varphi + d \,.\, \text{Cos.}\, 2\varphi,$$

so wird man, um die vier Gröſsen a, b, c und d bequem zu bestimmen, aus den obigen Beobachtungen solche auswählen, die durch gleiche Zeitintervalle von einander getrennt sind. Nimmt man z. B. die vier Beobachtungen, für welche der Winkel $\varphi = 0°$, 90°, 180° und 270° ist, so hat man, wenn man die diesen vier Winkeln entsprechenden Werthe von r durch A, B, C und D bezeichnet, folgende Bedingungsgleichungen

$$A = a + b + d,$$
$$B = a + c - d,$$
$$C = a - b + d,$$
$$D = a - c - d,$$

und daraus erhält man sofort

$$a = \tfrac{1}{4}(A + B + C + D)$$
$$b = \tfrac{1}{2}(A - C)$$
$$c = \tfrac{1}{2}(B - D)$$
$$d = \tfrac{1}{4}(A - B + C - D).$$

Aus der vorhergehenden Tabelle folgt aber

Meter		
A = 149	für	0^h
B = 141		6
C = 171		12
D = 195		18

also ist auch

$$a = + 163{,}75 \text{ Meter}$$
$$b = - 11{,}5$$
$$c = - 27{,}0$$
$$d = - 4{,}25$$

und sonach ist die gesuchte Gleichung

$$r = 163{,}75 - 11{,}5 \,\text{Cos.}\,\varphi - 27{,}0 \,\text{Sin.}\,\varphi - 4{,}25 \,\text{Cos.}\,2\varphi.$$

Um zu sehn, ob durch diese Gleichung die obigen Beobachtungen de Saussure's dargestellt werden, suche man daraus die Erhöhung r für 10 Uhr, wo $\varphi = 150°$ ist. Man findet durch die letzte Gleichung

$$r = 158{,}32,$$

während die Beobachtung 157 giebt, also nahe genug Rechnung mit Beobachtung übereinstimmend. Für eine gröſsere Harmonie würde man auch noch die Gröſsen in Rechnung nehmen, deren Factor

$$\text{Sin.}\,2\varphi,\ \text{Cos.}\,3\varphi,\ \text{Sin.}\,3\varphi \text{ u. s. w. ist}[1].$$

L.

---

1 Eine Fortsetzung und weitere Ausführung dieses Gegenstandes findet man in E. E. Schmidt's mathem. Geographie. Bd. II. S. 281—286. und Lambert's Beiträge zur Mathematik. Ed. III.

Tachometer.

Bei physikalischen Untersuchungen kommt häufig Gelegenheit vor, die Geschwindigkeit gewisser Bewegungen zu messen, wozu man die erforderlichen Hülfsmittel nach den jedesmaligen Aufgaben wählen mufs, die so verschieden sind, dafs es nicht wohl einen allgemeinen Apparat, welcher für die Mehrzahl der Messungen, geschweige denn für alle genügend wäre, geben kann. Zu den Aufgaben dieser Art, um nur einige derselben zu nennen, gehört die Messung der einzelnen Pulsus bei Savart's akustischen Versuchen[1], die Bestimmung der Umlaufszeit bei Plateau's Scheiben[2] und andere mehr. Mehrere für solche Messungen geeignete Apparate mögen wohl Tachometer (von τάχος die Geschwindigkeit) genannt worden seyn, ohne dafs sie jedoch unter diesem Namen allgemeinere Bekanntwerdung erhalten haben, welches näher zu untersuchen in das Gebiet der praktischen Maschinenlehre gehört. Hier mögen daher nur einige wenige und unter diesen zuerst dasjenige Tachometer erwähnt werden, welches Bryan Donkin[3] als ein allgemeines angegeben hat und wovon man allerdings unter den gehörigen Modificationen bei verschiedenen Maschinen zum Messen ihrer Geschwindigkeiten Gebrauch machen kann.

Dieses besteht aus einem Gefäfse AB von Buchsbaumholz, welches mit einem aufgedrückten Deckel dd verschlossen ist Fig. 1. und in seiner Mitte das massive Stück ee enthält. In diesem befindet sich die Glasröhre ff, welche mit der engeren, der Thermometerröhre kk, verbunden ist. Die weitere Glasröhre ff ist unten in eine feine Spitze s umgebogen, in welche das im Gefäfse AB befindliche Quecksilber dringen kann und dann die bis ans Ende des Röhrchens kk reichende Weingeistsäule

1 S. Art. *Schall.* Bd. VIII. S. 503.

2 S. Art. *Gesicht.* Bd. IV. S. 767.

3 Transact. of the Soc. of Arts. T. XXVIII. Bibl. univ. T. XLVIII. p. 420. Ebendasselbe wird, ohne Angabe des Erfinders, beschrieben von Capt. Kater in Cabinet Cyclopaedia. Mechan. p. 234. In England ist es überhaupt sehr bekannt und unter andern in Rees Cyclopaedia Art. Tachometer beschrieben.

im Gleichgewichte erhält. Das Gefäfs ist auf eine verticale, in den gehörigen Pfannen um ihre Axe leicht drehbare Spindel geschraubt, welche unten mit einem Würtel oder einer Rolle pp versehen ist. Um diese wird eine Schnur ohne Ende geschlungen, die zugleich mit einem Maschinentheile, dessen Geschwindigkeit man zu messen beabsichtigt, in Verbindung steht. Wird durch letzteren die Rolle mit einer gewissen Geschwindigkeit zum Umlaufen gebracht, so dreht sich auch die Spindel, das hölzerne Gefäfs und mit diesem die Glasröhre um eine gemeinschaftliche verticale Axe, das Quecksilber im Gefäfse hebt sich durch die erzeugte Schwungkraft, steigt gegen mm hin in die Höhe; es entweicht ein Theil desselben aus der Röhre ff durch die Oeffnung der Spitze s und der rothgefärbte Weingeist im Röhrchen kk sinkt nach und zeigt vermittelst der auf der Scale befindlichen Grade die durch Versuche vorher ausgemittelte Geschwindigkeit. Zur Vermeidung des Schlotterns wird die Spitze des Röhrchens kk in eine Oeffnung am Ende des Armes v gesteckt, und der ganze Apparat ist auf einem an den gehörigen Stellen ausgeschnittenen Brete befestigt, welches auf einem hinlänglich massiven Klötzchen gestützt ist.

Nicht als allgemeines Tachometer, wohl aber als ein für viele Maschinen brauchbares, namentlich in Baumwollenspinnereien, wobei häufig die Geschwindigkeit innerhalb gewisser Grenzen erhalten werden mufs, hat Uhlhorn[1] ein nicht minder brauchbares Instrument angegeben und zugleich die Geschwindigkeits-Scale für bestimmte Dimensionen theoretisch bestimmt. Hier wird folgende kurze Beschreibung genügen, da es ohnehin ungleich bequemer ist, die im einzelnen Falle angemessenste Geschwindigkeit empirisch zu ermitteln. Dasselbe besteht aus einem hinlänglich starken, an einem geeigneten Platze unbeweglich zu befestigenden Rahmen ABCD, zwischen dessen obern und untern Balken die Welle EF mit stählernen Spitzen in metallenen Pfannen um ihre verticale Axe leicht drehbar befestigt ist. Die Welle ist in der Mitte ihrer Länge so ausgeschnitten, wie die Figur zeigt, auch ist sie unterhalb dieses Einschnittes bis durch den untern Zapfen

Fig. 2.

1 Der neuerfundene Tachometer oder Geschwindigkeitsmesser. Frankf. a. M. 1817.

Digitized by Google

in ihrer Axe durchbohrt. Oberhalb des Einschnittes ist der eiserne Arm K befestigt, in dessen Charniere bei b der Winkelhebel abc sich in verticaler Ebene drehn kann. Am untern Ende des Hebelarmes befindet sich eine eiserne Kugel c, am obern Ende hängt ein Draht, welcher in d mit einem Gelenke versehn ist[1], dann durch den untern Balken des Rahmens herabgeht und mit seinem untern Ende auf der Scale LM die Geschwindigkeiten in Zahlen zeigt, die UHLHORN für die von ihm gewählten Dimensionen berechnet hat und die man für abgeänderte Dimensionen gleichfalls berechnen oder empirisch aufsuchen müſste. Die Scale befindet sich auf einem mit zwei Zapfen nn′ im untern Balken des Rahmens eingelassenen Bretchen. Wird dann die Welle des Apparates vermittelst einer um die Rolle GH geschlungenen Schnur umgedreht, welche letztere mit demjenigen Theile der Maschine in Verbindung ist, deren Geschwindigkeit man messen will, so entfernt sich durch die Schwungkraft die Kugel c von ihrem Widerlager v und kommt mit dem andern Ende des Winkelhebels in die Lagen gh oder de, und das untere Ende des Drahtes f, welches beim Ruhen der Maschine auf 0 der Scale zeigt, geht bis zu den Geschwindigkeitszahlen 32, 52, 72 herab. Dem Ende des metallenen Armes b gegenüber ist ein mit seinem Ende p von der geometrischen Axe der Welle gleich weit abstehender metallener Arm befestigt, von welchem eine eiserne Stange pq von gleicher Länge mit bc und einer gleich schweren Kugel q herabgeht, die im Charniere p in verticaler Ebene gleichfalls beweglich ist, um beim Umschwingen der Kugel c das Gleichgewicht zu halten. Man übersieht bald, daſs dieser Apparat ganz dem bekannten Regulator nachgebildet ist, den die Engländer und nach ihnen alle übrigen Völker bei Dampfmaschinen und sonstigen mechanischen Vorrichtungen einführten und welchen man *Governor* nennt.

M.

---

1 Bei der praktischen Ausführung würde es vortheilhafter seyn, zwischen a und d einen dem Radius ab zugehörigen Gradbogen anzubringen, über welchem sich das aus einer Kette bestehende obere Ende des Drahtes anlegte.

Tag.

Dies; jour; *day*. *Tag*, im eigentlichen Sinne des Worts, ist die Zeit einer vollständigen Umdrehung der Erde um ihre Axe. In *Sternzeit* ausgedrückt wird demnach der Tag volle 24 Stunden dieser Sternzeit enthalten, daher auch die so bestimmte Zeit der *Sterntag* genannt wird. Da aber die Astronomen, aus guten Gründen, alles in mittlerer Zeit[1] auszudrücken pflegen, so entsteht zuerst die Frage, wie viel Stunden mittlerer Zeit dieser Sterntag enthält.

A. Sterntag und Sonnentag.

Das tropische Sonnenjahr hat der neuesten Bestimmung zufolge 365,242255 mittlere Tage. Ist also m die Bewegung der mittlern Sonne[2] während einer Stunde, d. h. während des 24sten Theils eines mittlern Tags, so hat man die Proportion

$$360^\circ : m^\circ = 365,242255 : \frac{1}{24}$$

oder es ist

$$m = \frac{15}{365,242255}$$

in Graden ausgedrückt, oder auch

$$m = \frac{1}{365,242255} = 0,0027379$$

in Stunden der mittlern Zeit ausgedrückt, immer 24 Stunden auf 360 Grade oder 1 Stunde auf 15 Grade gezählt. Diese letzte Bedeutung von m wollen wir im Folgenden beibehalten.

Ist für irgend einen Augenblick eines gegebenen Tags T die mittlere Zeit und t die diesem Augenblicke entsprechende Sternzeit, beide in Stunden und Theilen von Stunden ausgedrückt, und ist ferner S die Rectascension der mittlern Sonne für den mittlern Mittag dieses Tages, A aber die Rectascension dieser Sonne für den gegebenen Augenblick, so hat man

$$t = T + A$$

---

1 S. Art. *Sonnenzeit*. Bd. VIII. S. 901.

2 S. Art. *Mittlerer Planet*. Bd. VI. S. 2310.

und, da $A = S + mT$ ist,

$$t = S + T + mT \quad (I)$$

und dieses ist die einfache Gleichung, aus welcher man für jeden Augenblick die Sternzeit t finden kann, wenn die mittlere Zeit T gegeben ist, und umgekehrt, wie wir auch schon oben[1] gefunden haben.

Aus derselben Gleichung (I) wird man auch das gesuchte Verhältnifs des Sterntags und des mittlern Tags leicht ableiten. Ist nämlich für irgend einen Tag des Jahrs, im Augenblick des mittlern Mittags, die mittlere Sonne eben im Frühlingspuncte oder ist $S = 0$, so geht die vorhergehende Gleichung (I) in folgende über:

$$t = (1 + m)T \text{ oder } \frac{t}{T} = 1 + m$$

und in diesem letzten Ausdrucke bezeichnet also T den Bogen des Aequators, welchen die mittlere Sonne in derselben Zeit zurückgelegt hat, während welcher der Frühlingspunct den Bogen t zurücklegt.

Da nun bei einer im Kreise immer gleichförmigen Bewegung die in gleichen Zeiten zurückgelegten Bogen sich wie verkehrt die Umlaufszeiten verhalten, so hat man

$$\frac{\text{Mittl. Sonnentag}}{\text{Sterntag}} = \frac{t}{T} = 1 + m = 1{,}0027379 \quad (II)$$

und diese Gleichung (II) giebt das gesuchte Verhältnifs der beiden Tage.

Ist also der Sterntag die Einheit, so ist

$$\text{Sonnentag} = 1{,}0027379 \text{ eines Sterntags}$$

oder, wenn man durch 86400 multiplicirt,

$$\text{Sonnentag} = 86636'',55456$$
$$= 24^h\, 3'\, 56'',55456 \text{ Sternzeit.}$$

Ist aber der Sonnentag die Einheit, so ist

$$\text{Sterntag} = \frac{1}{1{,}0027379} \text{ eines Sonnentags}$$

oder, wenn man wieder durch 86400 multiplicirt,

$$\text{Sterntag} = 86164'',09133$$
$$= 23^h\, 56'\, 4'',09133 \text{ Sonnenzeit,}$$

---

1 S. Art. *Sternzeit.* Bd. VIII. S. 1045.

übereinstimmend mit dem, was oben für Sternzeit gefunden wurde.

Multiplicirt man endlich die Gleichung (II) zu beiden Seiten durch 365,242255, so erhält man, da 365,242255 mittlere Tage gleich dem tropischen Jahre sind,

$$\text{tropisches Jahr} = 365{,}242255\,(1 + m)\ \text{Sterntage}$$

oder, da

$$m = \frac{1}{365{,}242255}$$

ist,

$$\text{tropisches Jahr} = 366{,}242255\ \text{Sterntage},$$

d. h. das tropische Jahr enthält genau *einen Sterntag mehr*, als dasselbe Jahr mittlere Sonnentage hat.

Der *Sterntag* ist daher die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen irgend eines terrestrischen Meridians durch denselben Punct des Himmels, d. h., wie oben gesagt wurde, die Zeit der vollständigen Umdrehung der Erde um ihre Axe; der *mittlere Tag* ist die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen eines terrestrischen Meridians durch den Mittelpunct der mittlern Sonne; der *wahre Tag* (oder der eigentliche Sonnentag) ist die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen eines solchen Meridians durch den Mittelpunct der wahren Sonne.

Da die mittlere und wahre Sonne eine eigene Bewegung von West gen Ost hat und da sich die Erde in ihrer täglichen Rotation ebenfalls von West gen Ost bewegt, so muſs der mittlere und wahre Sonnentag gröſser seyn als der Sterntag. Wenn nämlich der terrestrische Meridian zum zweiten Male durch denselben Punct des Himmels geht, in welchem bei seinem ersten Durchgange auch die Sonne gewesen ist, so wird dieser Meridian sich noch um einen Winkel weiter gen Ost drehen müssen, um auch die Sonne zum zweiten Male zu erreichen, weil diese Sonne indeſs selbst gegen Ost vorgerückt ist. In der That folgt aus dem Vorhergehenden, daſs der Sonnentag $0^h\ 3'\ 56'',55456$ Sternzeit mehr hat als der Sterntag und daſs im Gegentheile der Sterntag $0^h\ 3'\ 55'',90867$ mittlere Zeit weniger hat als der mittlere Tag. Wenn man daher eine nach mittlerer Zeit richtig gehende Uhr zu seinen Beobachtungen gebraucht, so wird jeder Fixstern in jedem Tage

Digitized by Google

um $0^h\ 3'\ 55'',90867$ mittlere Zeit früher durch den Meridian gehn, als er am vorhergehenden Tage durchging, während er im Gegentheile immer um dieselbe Sternzeit alle Tage des Jahres durch den Meridian geht. Hierin liegt eine der Ursachen, warum die neuern Astronomen sich durchgehends der Sternuhren bedienen. Man nennt diese Zeit von $0^h\ 3'\ 55'',90867$ die *tägliche Acceleration der Fixsterne*, und wir haben, da sie von häufigem Gebrauche in der praktischen Astronomie ist, bereits oben[1] eine Tafel für diese Acceleration gegeben.

Was endlich den oben erwähnten *wahren Sonnentag* betrifft, so ist seine Länge veränderlich, weil die Bewegung der wahren Sonne selbst veränderlich ist[2].

Noch unterscheidet man in allen Sprachen die eigene Bedeutung des Wortes *Tag*, sofern es der *Nacht* gegenübersteht, wobei *Tag* die Zeit der Gegenwart der Sonne über dem Horizonte, also die Zeit bezeichnet, die von dem Aufgange der Sonne für einen bestimmten Ort der Erde bis zu ihrem Untergange vergeht. Schon Macrobius und mit ihm viele neuere Schriftsteller nannten diese Zeit der Gegenwart der Sonne den *natürlichen Tag* zum Unterschiede von der oben betrachteten Zeit der ganzen Rotation der Erde, welche der *künstliche Tag* hiefs. Andere aber, wie z. B. die französischen Encyklopädisten, haben diese zwei Worte in ganz entgegengesetzter Bedeutung genommen. Man mufs es sonderbar finden, dafs keine Sprache zwei so wesentlich verschiedene Begriffe auch durch zwei verschiedene Worte bezeichnet.

B. Eintheilung des Tags.

Die Eintheilung des Tags in 24 Stunden findet man schon im grauen Alterthume, bei den ältesten Juden, von denen wir noch schriftliche Nachrichten haben, und bei den Babyloniern, wie Macrobius erzählt. Dieser Schriftsteller des vierten Jahrhunderts sagt, dafs die Babylonier ihren Tag mit dem Aufgange der Sonne angefangen und dann bis zum nächsten Aufgange 24 gleiche Stunden gezählt haben. Die Juden, Griechen und Römer aber theilten den natürlichen Tag

1 S. Art. *Sternzeit*. Bd. VIII. S. 1048.
2 S. Art. *Sonnenzeit*. Bd. VIII. S. 913.

Digitized by Google

in 12 und die Nacht ebenso in 12 gleiche Theile. Alle diese Stunden waren daher in verschiedenen Jahreszeiten auch von verschiedener Länge, da die Tage selbst im Sommer und Winter verschiedene Länge haben.

Die Juden und die Römer unterschieden bei dem natürlichen Tage (der Zeit vom Auf- bis zum Untergange der Sonne) vorzüglich vier Epochen, die sie *Primas*, *Tertias*, *Sextas* und *Nonas* nannten. Die Prime fing mit Sonnenaufgang an, die Terz hatte drei Stunden später statt, die Sext fiel auf den Mittag und die None hatte um drei Uhr nach Mittag, d. h. um drei Uhr vor dem Untergange der Sonne statt. Das sogenannte Brevier der römischen Kirche behält diese Benennungen bis auf unsere Tage bei.

Während so die genannten Völker, die Indier und Perser und beinahe der ganze Orient den Tag mit Sonnenaufgang begannen, fingen ihn die Athenienser, die späteren Juden und selbst noch heutzutage die Italiener mit dem Untergange der Sonne an. Die Letztern beginnen ihren Tag eigentlich eine halbe oder dreiviertel Stunde nach Sonnenuntergang und zählen dann 24 Stunden bis zum nächsten Untergang fort. Auch jene Eintheilung des natürlichen Tags in 12 Stunden scheint sich im Mittelalter in Europa sehr verbreitet zu haben. Der Jesuit und Astronom Riccioli, der 1671 starb, will diese sonderbare und ungeschickte Eintheilung noch in Majorca und in Nürnberg gefunden haben.

Hipparch und Ptolemäus fangen ihre Tage zu 24 Stunden mit der Mitternacht an, in Uebereinstimmung mit dem jetzt in ganz Europa eingeführten bürgerlichen Gebrauche, daher auch diese Stunden, zum Unterschiede von den früher erwähnten, *europäische Stunden* genannt werden. Die heutigen Astronomen fangen ihre Tage von Mittag an und zählen bis zu dem nächsten Mittag 24 gleiche Stunden. Die Franzosen zur Zeit ihrer Revolution wollten sich dem erwähnten bürgerlichen Gebrauche fügen, allein die Astronomen der andern Länder blieben bei ihrer Sitte stehn, und nun rechnet die *Connaissance des temps* die Tage selbst wieder vom Mittag. Diese doppelte Art zu zählen hat schon zu manchen Irrungen, z. B. bei der Angabe der Finsternisse und anderer Erscheinungen, in unsern Kalendern Veranlassung gegeben. Folgende kleine Tafel giebt das Verhältniſs zwischen der astronomischen

Digitized by Google

und der bürgerlichen Rechnung, wobei noch bemerkt werden muſs, daſs in der bürgerlichen Rechnung von 1 bis 12 Uhr zweimal gezählt wird, während die Astronomen ohne Unterbrechung von 1 bis 24 Uhr zählen.

Wenn z. B. die T^{te} Stunde des A^{ten} Julius im astronomischen Styl gegeben ist, so hat man die zwei Fälle zu unterscheiden, ob T kleiner oder gröſser als 12 Uhr ist. Man hat nämlich:

	astronomische		bürgerliche
	Rechnung		
wenn $T < 12^{Uhr}$ ...	A^{ter} Juli T^h	= ...	A^{ter} Juli T^h Abends
wenn $T > 12^{Uhr}$	A^{ter} Juli T^h	= ...	$(A+1)^{ter}$ Juli $(T-12)^h$ Morgens.

Hat z. B. eine Finsterniſs angefangen am 1sten Januar um 20 Uhr astronomischen Styls, so heiſst dieses in bürgerlicher Rechnung den 2ten Januar um 8 Uhr Morgens, und ebenso ist das astronomische Datum: den 3ten März 9 Uhr, gleich dem bürgerlichen: den 3ten März 9 Uhr Abends.

C. Tage der Woche.

Diese Eintheilung des Tags in zweimal zwölf oder in vierundzwanzig Stunden gab auch unsern Wochentagen die noch jetzt gebräuchliche Benennung und hatte ihren letzten Grund in der Astrologie. Die ägyptischen Astrologen ordneten nämlich die Planeten, zu welchen nach ihrer Meinung auch die Sonne gehörte, nach ihrem Abstande von der Erde auf folgende Art:

Mond . .	4
Mercur. .	3
Venus . .	2
Sonne	1
Mars . .	7
Jupiter . .	6
Saturn . .	5

Ordnet man dieselben in einem Kreis, wie die Zeichnung angiebt, und bezeichnet man mit den Aegyptiern die Sonne als den ersten und wichtigsten Planeten mit I, Venus mit II, Mercur mit III u. s. w. und nimmt man an, daſs jeder dieser Fig. 3.

sieben Planeten nach der in der Figur angeführten Reihenfolge über eine der 24 Stunden des Tages herrsche und dafs der Beherrscher und der Regent der ersten Stunde zugleich dem ganzen Tage seinen Namen gebe, so erhält man folgende einfache Anordnung:

Der Tag, von dessen erster Stunde die Sonne der Regent war, hiefs Sonntag (*Dies Solis*). Die 2te Stunde dieses Tages würde demnach in jener Reihenfolge von Venus, die 3te von Mercur, die 4te vom Monde, die 5te von Saturn, die 6te von Jupiter, die 7te von Mars und die 8te wieder von der Sonne beherrscht. Von da fing die erwähnte Reihe wieder von vorn an, so dafs also die 8te, die 15te und die 22ste Stunde wieder von der Sonne, die 23ste von der Venus und die 24ste oder letzte Stunde dieses ersten Wochentages von Mercur und daher die erste Stunde des zweiten Wochentags vom Monde beherrscht wurde, daher dieser ganze zweite Tag Mondtag (*Dies Lunae*) genannt wurde. Demselben Monde gehörte also auch wieder die 8te, 15te und 22ste Stunde dieses Tags und daher die 23ste dem Saturn, die 24ste dem Jupiter und die 25ste, d. h. die 1ste Stunde des folgenden Tags, dem Mars, daher dieser ganze dritte Wochentag, der Dienstag, *Dies Martis* genannt wurde, u. s. f. für alle folgende Wochentage.

Diese Anordnung bestimmte nicht nur, wie man so eben gesehn hat, den Regenten jedes einzelnen Tages im Jahre, sondern auch den des ganzen Jahres selbst. Wenn nämlich die gegebene Jahrszahl, durch die Zahl 7 dividirt, zum Rest 1, 2, 3.. giebt, so ist der Regent dieses Jahres die Sonne, Venus, Mercur u. s. w. So giebt z. B. das Jahr 1838 durch 7 dividirt den Quotienten 262 und den Rest 4; also ist von dem ganzen Jahre 1838 der Regent der Mond und ebenso ist

von 1839 der Regent Saturn,
1840 Jupiter,
1841 Mars u. s. w.

Man findet diese Ueberreste der Astrologie noch zuweilen in den ältern Kalendern angezeigt, daher es immer noch angemessen erscheinen mag zu erfahren, auf welchem Wege man zu diesen Einrichtungen gekommen ist, wenn sie gleich ohne allen wissenschaftlichen Werth sind.

Bemerken wir noch, dafs das Wort *Dienstag* (englisch *Tuesday*) auch in unsern germanischen Sprachen den Kriegs-

Digitized by Google

gott, den Mars der alten Deutschen, bezeichnet, da dieser Gott im Angelsächsischen *Thus* hiefs, daher auch derselbe Tag im Oberdeutschen bei dem gemeinen Volke noch jetzt *Erichstag* oder *Ertag* heifst, weil da der Kriegsgott *Erich* genannt wurde. Ebenso ist der *Donnerstag* (englisch *Thursday*) der Tag des Donnergottes *Thur*, des nordischen Jupiters, *Freytag* (engl. *Friday*) soll seine Benennung von *Freya*, der nordischen Venus, erhalten haben. Die übrigen Benennungen der Wochentage, Sonntag, Montag, Mittwoch und Samstag oder Sonnabend, sind für sich klar. Das Wort *Woche* selbst aber soll aus dem gothischem *Wik* entstanden seyn, das bei *Ulfilas* Ordnung oder regelmäfsiger Wechsel bedeutet.

Diese *Woche* von sieben Tagen findet sich schon in dem grauesten Alterthume. Durch alle Verheerungen, welche Elementarereignisse, weitverbreitete Krankheiten, Völkerwanderungen, Kreuzzüge und Kriege aller Art unter den Nationen der Vor- und Mitwelt verbreitet haben, selbst durch die Unordnungen, welche die Zeitrechnungen der ältern Völkerschaften unseres Erdbodens erlitten haben, windet sich die *Woche*, diese heilige, unantastbare Periode von sieben Tagen, in ununterbrochener Folge, gleich einem diamantenen Bande, durch die ganze Geschichte der Menschheit. Die Juden feierten in ihren ersten Zeiten schon jeden siebenten Tag, welcher dem Herrn und der Ruhe geweiht war, und ihnen gingen wahrscheinlich schon die ältesten uns bekannten Völker des Orients voraus[1]. Noch Garcilaso de Vega trafen die Eroberer von Südamerica diese Periode auch bei den Peruanern im allgemeinen Gebrauche. Ohne Zweifel haben die Phasen des Monds dazu die erste Veranlassung gegeben, da sie sehr nahe alle 4mal 7 oder alle 28 Tage sich erneuern. (Die synodische Revolution des Monds[2] beträgt eigentlich 29,53058 Tage.)

D. Schalttage.

Im Artikel *Jahr* S. 668 wurde bereits nach Ideler ein Grund angegeben, warum der Schalttag unseres Kalenders auf den 24sten Februar folgt, der aber nicht ganz deutlich ist,

1 Mém. de l'Académie des Inscript. T. IV. p. 65.
2 S. Art. *Mond*. Bd. VI. S. 2346.

Digitized by Google

daher wir hier darüber noch Nachfolgendes bemerken. Schon der römische König NUMA führte bekanntlich 700 Jahre vor Chr. G. eine wesentliche Verbesserung des zu seiner Zeit noch sehr unvollkommenen römischen Kalenders ein. Zu den zehn vor ihm gebräuchlichen Monaten von 30 oder 31 Tagen fügte er noch zwei Monate hinzu, den *Januar*, den er zu Anfang, und den *Februar*, den er zu Ende seines neuen Jahres stellte. Im Jahre 450 vor Chr. G. versetzten die Decemviri diesen Monat Februar und stellten ihn unmittelbar nach dem Januar, um dadurch ihre Amtszeit zu verlängern. Dadurch wird die Stelle OVID's [1] erklärt:

Qui sequitur Fanum, veteris fuit ultimus anni;
Tu quoque sacrorum, Termine, finis eras.

Dieselben Verse zeigen aber zugleich, warum der Schalttag nicht am Ende des Februars, sondern auf den 24sten dieses Monats verlegt worden ist. Am 23sten Februar nämlich oder, wie dieser Tag im römischen Kalender hiefs, am VIIten *Calendas Martii* wurde das Fest des Grenzgottes *Terminus* gefeiert, und da der Februar früher der letzte Monat des Jahrs und dieses Fest das letzte Fest des Jahrs war, so wurde der Schalttag auf den 24sten Februar oder auf den Tag verlegt, der unmittelbar hinter den letzten Festtag des Jahres fiel. Nach JULIUS CAESAR, der diese Veränderung des Kalenders im J. 45 vor Chr. G. einführte, war der 24ste Februar oder der sogenannte VI. Calendas Martii, der dem Andenken der Vertreibung des Königs TARQUINIUS gewidmet war, in den Schaltjahren zum 25sten Februar geworden, und dann wurde der neue 24ste, oder der eigentliche Schalttag, der *bis sextus Calendas Martii* genannt, und daher kommt die Benennung des *Annus bissextilis* für das Schaltjahr. Demnach hat dieser 24ste Februar schon ein nahe zweitausendjähriges Recht auf den Schalttag, daher er auch vom letzten Kalenderreformator, GREGOR XIII., als der Schalttag beibehalten worden ist, wie denn auch die Bulle, wodurch derselbe seinen reformirten Kalender einführte, vom 24sten Februar 1582 datirt ist.

---

1 Fastorum L. II. v. 49.

E. Beständigkeit der Erdaxe.

Unsere ganze Astronomie beruht auf zwei Voraussetzungen: I. daſs die Rotationsaxe der Erde stets durch dieselben Puncte der Erdoberfläche geht und II. daſs die Rotation der Erde um diese Axe gleichförmig und für alle Zeiten von derselben Dauer ist. Diese Dauer oder die Länge des Tags ist nämlich in letzter Instanz das Etalon aller unserer Zeitmessungen, und es ist daher von der gröſsten Wichtigkeit für den rechnenden sowohl, als auch für den beobachtenden Astronomen, dieses Etalon und alle die Veränderungen, denen es vielleicht unterworfen seyn kann, genau zu kennen. Die Axe der Erde bewegt sich vermöge der Präcession [1] um die hier als ruhend vorausgesetzte Axe der Ekliptik und überdieſs noch um diese ihre mittlere Lage vermöge der Nutation [2]. Bei dieser doppelten Bewegung dieser Axe wäre es daher nicht unerwartet, sie auch noch in Beziehung auf die Oberfläche der Erde selbst beweglich zu finden. Allein seit der Zeit, als man das Fernrohr bei den astronomischen Instrumenten gehörig anzubringen gelernt hat, d. h. seit der Zeit, als man die Polhöhen (oder die geographischen Breiten) der Beobachtungsorte auf der Erde mit gröſserer Genauigkeit zu bestimmen im Stande war, hat man für jeden dieser Orte die Entfernung des Pols des Aequators vom Zenithe des Beobachters immer constant und unveränderlich gefunden. Wenigstens sind die Aenderungen, die man bei den verschiedenen Sternwarten Europa's in ihren Polhöhen bemerkt hat, nicht gröſser als die Fehler, die man mit den nach und nach verbesserten Instrumenten, aller Wahrscheinlichkeit nach, begehn konnte. Es scheint daher auſser Zweifel zu seyn, daſs diese Axe immer sehr nahe durch dieselben Puncte der Oberfläche der Erde gegangen ist und daſs die Voraussetzung einer vollkommenen Unveränderlichkeit der Lage dieser Axe als erlaubt angesehn werden kann.

Man hat aber auch diese Unveränderlichkeit der Erdaxe auf theoretischem Wege zu beweisen gesucht. Da die Dichte des Meeres nur nahe den fünften Theil der mittleren Dichte der Erde beträgt, so wird dieses Meer, obschon es den gröſs-

---

1 S. Art. *Vorrücken der Nachtgleichen.*

2 S. Art. *Nutation.* Bd. VII. S. 269.

ten Theil der Erdoberfläche bei verhältnifsmäfsig sehr geringer Tiefe bedeckt, nur einen geringen Einflufs haben auf diejenige Gestalt der Erde, die man aus den Meridianmessungen, aus den Pendelbeobachtungen und aus den zwei bekannten Störungsgleichungen des Monds in Länge und Breite gefunden hat. Nach LAPLACE[1] folgt aus beiden grofsen Meridianmessungen, die man in Frankreich und am Aequator angestellt hat, die Abplattung

$$\frac{a-b}{b} = \frac{1}{308}$$

und aus den erwähnten beiden Störungen des Monds, zu deren Bestimmung BOUVARD, BÜRG und BURCKHARDT mehrere Tausende von Mondbeobachtungen berechnet haben, erhält man

$$\frac{a-b}{b} = \frac{1}{306},$$

wo a und b die halbe grofse und kleine Axe des Erdsphäroids bezeichnen.

Was die erwähnte geringe Tiefe des Oceans betrifft, so suchte sich LAPLACE davon auf folgende Art zu überzeugen. Wenn man sich die Erde ganz ohne Meer als einen festen Körper vorstellt und dann annimmt, dafs die ganze Oberfläche derselben flüssig wird und zugleich im Gleichgewichte bleibt, so erhält man, durch Anwendung der Rechnung auf diese Voraussetzungen, die Abplattung der Erde durch das bekannte *Theorem* CLAIRAUT's[2] gleich $\frac{1}{310}$, also sehr nahe wie-

---

1 Mécanique céleste. T. V.

2 CLAIRAUT hat in seinem berühmten Werke: Théorie de la figure de la terre. Paris 1743. folgende Gleichung aufgestellt:

$$\delta = \tfrac{5}{4}\,\theta - 2\omega,$$

wo δ die Abplattung des Erdsphäroids, θ das Verhältnifs der Centrifugalkraft zur Schwere am Aequator und 2ω den Unterschied der Schwere am Pol und am Aequator, die erste als Einheit angenommen, bezeichnet.

Diese Gleichung hängt auf eine merkwürdige Art mit dem allgemeinen Ausdruck der *Länge des Secundenpendels* zusammen. Nimmt man nämlich wieder die Erde ringsum als von einem im Gleichgewichte stehenden Ocean bedeckt an, so hat LAPLACE in seiner Méc. céleste gezeigt, dafs dann für jeden Ort der Oberfläche der Erde die Veränderung der Länge des Secundenpendels dem Cosinus der dop-

Digitized by Google

der denselben Werth. Dieser geringe Unterschied der so auf theoretischem Wege gefundenen *Abplattung* von jener, die durch Meridianmessungen, durch Pendellängen und durch Mondbeobachtungen bestimmt worden ist, zeigt, daſs die Gestalt unserer Erde nahe diejenige ist, die einer ebenso groſsen Masse, aber ringsum von einer Flüssigkeit bedeckt, entspricht, deren Theile alle unter einander im Gleichgewichte sind. Daraus,

---

pelten Polhöhe dieses Orts proportionirt ist. Ist daher λ die Länge des Secundenpendels für die Breite φ und l diese Länge für die Breite von 45 Graden, so hat man

$$\lambda = l.(1 - A \operatorname{Cos.} 2\varphi),$$

wo A eine constante Gröſse bezeichnet. Um diese Gröſse A zu bestimmen, hat man für den Aequator, wo $\varphi = 0$ ist,

$$\lambda' = l(1 - A)$$

und für den Pol, wo $\varphi = 90^\circ$ ist,

$$\lambda'' = l(1 + A).$$

Eliminirt man aus den beiden letzten Gleichungen die Gröſse l, so erhält man

$$A = \frac{\lambda'' - \lambda'}{\lambda'' + \lambda'}$$

oder nahe, da λ'' von λ' nur wenig verschieden ist,

$$A = \frac{\lambda'' - \lambda'}{2\lambda''}.$$

Da aber überhaupt die Länge des Secundenpendels für jeden Ort der Erde der Schwere in diesem Orte proportional ist, so ist 2A der Unterschied der Schweren am Pol und am Aequator, die erste als Einheit genommen, das heiſst, die Gröſse A ist mit der vorhergehenden ω identisch. Wir haben demnach für den allgemeinen Ausdruck des Secundenpendels

$$\lambda = l(1 - \omega \operatorname{Cos.} 2\varphi).$$

Nun ist die Verminderung der Schwere am Aequator der Erde, die durch die Rotation derselben entsteht, oder es ist $\Theta = \frac{1}{289}$ (s. Art. *Centralbewegung* Bd. II. S. 64, wenn man in der dort angeführten Gleichung

$$\Theta = \frac{2\pi^2 r}{g T^2}$$

die Gröſse $g = 4{,}90448$ Meter, $T = 86164{,}09$ für den Sterntag und $2\pi r = 40$ Millionen Meter für den Umkreis der Erde setzt). Nimmt man endlich die Abplattung der Erde in runder Zahl $\delta = \frac{1}{300}$, so findet man durch Clairaut's Gleichung

$$\omega = \tfrac{5}{4} r - \tfrac{1}{2}\delta = 0{,}00266,$$

also auch für den allgemeinen Ausdruck der Pendellänge

$$\lambda = l(1 - 0{,}00266 \operatorname{Cos.} 2\varphi),$$

sehr nahe mit demjenigen übereinstimmend, den Poisson Traité de Mécanique Vol. I. p. 367. Zweite Aufl. gegeben hat.

so wie auch aus der grofsen Menge des Festlands und der Inseln, die das Meer trocken gelegt hat, folgt mit hoher Wahrscheinlichkeit, dafs die Tiefe dieses Meeres nicht sehr grofs seyn kann und dafs diese mittlere Tiefe des Weltmeers nahe gleich der mittlern Höhe des Continents mit seinen Bergen über dem Spiegel des Meers ist, d. h. dafs sie nahe 3000 Par. Fufs betragen mag. Diese Tiefe ist aber nur der 20ste Theil des Unterschieds der beiden Halbaxen der Erde, welcher letztere über 61000 Par. Fufs oder nahe $2\frac{7}{10}$ geogr. Meilen beträgt. Allerdings können sich auf dem Boden des Meers ebenso viele und ebenso tiefe Höhlen befinden, als das Festland nebst den zahlreichen Inseln der Erde hohe Berge auf seinem Rücken enthält. Aber auch diese Höhlen können in Beziehung auf die gegenwärtige Untersuchung keinen wesentlichen Unterschied begründen, um so weniger, als sie durch die Ablagerung der Flüsse und durch die Ueberreste der Seethiere, welche die Strömungen in diese Höhlen zusammentreiben, allmälig mehr und mehr wieder ausgefüllt werden müssen.

Dieses Resultat einer gegen den Halbmesser der Erde nur äufserst geringen Tiefe des Oceans ist für die Naturgeschichte und besonders für die Geologie von der gröfsten Wichtigkeit. Die Oberfläche unserer Erde und die obersten Schichten, die wir von ihrer Bedeckung kennen gelernt haben, zeigen uns zahlreiche Spuren von Ueberschwemmungen, die in der Vorzeit das Festland getroffen haben müssen. Wahrscheinlich sind in den Zeiten, von welchen der Anfang unsrer Menschengeschichte noch weit entfernt ist, sehr grofse Strecken der Erde durch gewaltsame Schwankungen des Weltmeers abwechselnd überschwemmt und wieder trocken gelegt worden. Durch ein solches Sinken oder Zurücktreten des Meeres mufsten aber stets um so gröfsere Strecken des Continents trocken gelegt werden, je geringer die Tiefe des Meeres ist, und da in der That so ein grofser Theil der Erde trocken geworden ist, so konnte jene Tiefe des Meeres zu allen Zeiten auch nur gering gewesen seyn und so konnten also auch diese Schwankungen des Meeres, so verderblich sie auch für die Pflanzen- und Thierwelt der Vorzeit seyn mochten, für die eigentliche Gestalt der Erde im Grofsen nur unbedeutend seyn. Demnach müssen auch alle Hypothesen der Geologen, die eine grofse und gewaltsame Versetzung der Pole auf der Erde voraussetzen,

Digitized by Google

als unverträglich mit dem bisher Gesagten angesehn werden. Durch eine solche Hypothese hat man z. B. die Elephantenreste erklären wollen, die, ganz mit Eis umzogen, an den Gestaden des Eismeers in Sibirien gefunden worden sind. Diese Thiere, sagte man, die nur in warmen Klimaten wohnen, können dort nicht gelebt haben, wenn nicht auch jene Gegenden den heifsen Zonen angehört, d. h. wenn nicht die Pole der Erde zu jener Zeit ganz andern Puncten ihrer Oberfläche, als in unsern Tagen, entsprochen haben. Allein es ist jetzt allgemein bekannt, dafs die borstenartige und dichte Wolle, mit welcher die Haut des Mammut bedeckt war, eine von den Elephanten verschiedene Thierart bezeichnet, die eben wegen dieser dichten Decke in jenen auch damals schon kalten Gegenden sehr wohl wohnen konnte.

Welches ist aber die Kraft, welche den Schichten unserer Erde ihre sphäroidische Gestalt und die Zunahme ihrer Dichtigkeit mit ihrem Fortschreiten gegen den Mittelpunct der Erde gegeben hat? Welches ist die Kraft, die diese Schichten so regelmäfsig um ihren Kern, um ihren gemeinschaftlichen Mittelpunct, gelagert und die der Oberfläche dieser Erde genau diejenige Form gegeben hat, die sie, wenn sie bei ihrer ersten Entstehung flüssig und im Gleichgewichte gewesen wäre, hätte annehmen müssen?

Wenn die verschiedenen Substanzen, aus welchen die Erde besteht, im Anfange durch die Wirkung einer sehr grofsen Hitze im flüssigen Zustande waren, so mufsten die dichteren Theile dieser Masse gegen den Mittelpunct der Erde sich ansammeln und das Ganze mufste den Grundsätzen der Dynamik gemäfs eine elliptische Gestalt annehmen, wenn die Oberfläche desselben im Gleichgewicht bleiben sollte. Aber selbst wenn die ganze Masse der Erde im chemischen Sinne des Worts homogen oder blofs aus einer einzigen Substanz geformt wäre, so würde doch das Resultat dasselbe seyn. Denn auch dann würde das grofse Gewicht der obern Schichten die Dichtigkeit der untern durch ihren gewaltigen Druck vergröfsert haben und das Gleichgewicht würde auch hier nur bei der elliptischen Gestalt der ganzen Masse möglich gewesen seyn. Die Geometer, welche sich bisher mit der analytischen Untersuchung dieses schwierigen Gegenstandes beschäftigt haben, Clairaut, d'Alembert, Maclaurin, Lagrange, Legendre und Laplace, haben

auf diese Compressibilität der Massen keine Rücksicht genommen, so sehr auch schon DANIEL BERNOULLI in seiner berühmten Preisschrift von der Ebbe und Fluth des Meeres darauf aufmerksam zu machen gesucht hat. Erst LAPLACE ist im fünften Bande seiner Mechanik des Himmels wieder auf die umständliche Discussion dieses Gegenstandes zurückgekommen[1], aber er mufste dabei von einer Hypothese ausgehn, deren Wahrheit noch nicht durch Beobachtungen bestätigt werden konnte. Bei allen gasförmigen Körpern verhält sich nämlich, nach einem bereits vollkommen constatirten und allgemein bekannten Gesetze, die Dichtigkeit wie ihre Compression, so lange die Temperatur sich nicht ändert. Bezeichnet daher p den Druck und δ die Dichte eines luftförmigen Körpers, so hat man die Gleichung

$$\frac{\partial p}{\partial \delta} = C,$$

wo C eine constante Gröfse bezeichnet. Allein dieses einfache Gesetz scheint bei den flüssigen (tropfbaren) und bei den festen Körpern nicht mehr statt zu haben. Es ist am natürlichsten, anzunehmen, dafs diese beiden Körperarten der Compression um so mehr widerstehn, je gröfser der auf ihnen lastende Druck ist. Dieses scheint auch den bisher angestellten Erfahrungen gemäfs zu seyn. Man wird also hier die Gleichung

$$\frac{\partial p}{\partial \delta} = C.\delta^m$$

annehmen müssen, wo m irgend eine positive Zahl, die gröfser als die Einheit ist, bezeichnet. LAPLACE nahm, da wir doch über den eigentlichen Werth dieses Exponenten m noch ungewifs sind, einstweilen $m = 1$ an, weil dadurch die bisherigen Experimente über die Compressibilität der tropfbaren und der festen Körper mit hinlänglicher Genauigkeit dargestellt werden und weil endlich auch diese Annahme die hieher gehörenden Berechnungen ungemein erleichtert.

Um aber nach dieser kleinen Digression wieder zu den theoretischen Beweisen, die man für die Unveränderlichkeit der Lage der Weltaxe gefunden hat, zurückzugehn, so ist aus der Dynamik bekannt[2], dafs jeder feste Körper drei sogenannte

1 Mécanique céleste. Liv. XI.
2 S. Art. *Axendrehung*. Bd. I. S. 665.

Hauptaxen hat, die auf einander senkrecht stehn und um die sich der Körper frei und gleichförmig drehn kann. Es entsteht nun die Frage, ob diese merkwürdige Eigenschaft auch der Erde zukommen kann, da diese in ihrer Oberfläche zum gröfsten Theile mit einer Flüssigkeit, mit dem Meere, bedeckt ist? Für diesen Fall verbinden sich die Bedingungen der Hauptaxen mit denen des Gleichgewichts einer flüssigen Masse, und wenn die Lage jener Axen geändert wird, so wird auch die ganze Gestalt der Erde eine Aenderung erleiden. Es wäre aber möglich, dafs unter allen Aenderungen auch eine solche wäre, für welche die Rotationsaxe sowohl, als auch das Gleichgewicht des Meeres unveränderlich bliebe. Laplace[1] hat durch seine Analyse gefunden, dafs ein solcher Fall in der That besteht und dafs dazu blofs erfordert wird, dafs die fixe, freie Rotationsaxe der Erde sehr nahe durch den Schwerpunct des Erdsphäroids gehe. Die Irregularität des Meeresbodens, seiner Tiefe und seiner Begrenzung an den Ufern läfst zwar hier keine strenge Rechnung zu, aber es genügt, die blofse Möglichkeit eines solchen Falles gezeigt zu haben. Laplace zeigt an dem angeführten Orte durch die Kraft seiner Analyse, dafs eine solche durch den gemeinschaftlichen Schwerpunct der festen Erde und des Meeres gehende freie Rotationsaxe immer möglich ist, und er giebt ebendaselbst die Gleichungen, welche die Lage dieser Axe bestimmen. Demnach macht der die Erde grofsentheils bedeckende Ocean die Existenz einer in ihrer Lage unveränderlichen Rotationsaxe dieser Erde nicht nur nicht unmöglich, sondern derselbe Ocean wird überdiefs, durch die grofse Beweglichkeit seiner Theile und durch den Widerstand, den die Schwankungen dieser grofsen flüssigen Masse erleiden, derselben Axe auch dann noch ihre feste Lage sichern können, wenn äufsere Einwirkungen, z. B. der Vorübergang eines Kometen in einer grofsen Nähe, dieses Gleichgewicht zu stören suchen sollten.

Wenn aber auch das Meer mit seinen immerwährenden Fluctuationen die Lage der Rotationsaxe der Erde, weit entfernt, sie zu stören, vielmehr vor allen äufsern Störungen zu sichern scheint, wie verhält es sich mit dem Einflusse, welchen die Explosionen der Vulcane, welchen unsere Erdbeben, bestän-

1 Mécanique céleste. Liv. XI. p. 67.

dige Winde, groſse Meeresströmungen u. s. w. auf die Lage jener Axe ausüben können? Auch dieses hat LAPLACE schon in dem fünften Theile seiner Mechanik des Himmels untersucht. Durch Anwendung des bekannten Princips der Mechanik von der Erhaltung der Flächen fand er, daſs der Einfluſs aller dieser Störungen auf die Lage der Erdaxe sowohl, als auch auf die Dauer des Tages ganz unmerklich ist. Nur wenn durch Zusammenwirkung der erwähnten Ursachen sehr beträchtliche Erdmassen auf bedeutende Entfernungen verrückt, wenn z. B. ganze Gebirge mehrere Meilen auf der Oberfläche der Erde versetzt werden könnten, dann erst würde eine Besorgniſs jener Art statt finden können. Allein von solchen Ereignissen haben wir, so weit unsere Geschichte zurück reicht, keine Spuren aufzuweisen. Alles vereinigt sich daher, die Lage der Rotationsaxe der Erde, in Beziehung auf ihre Oberfläche, als constant und für alle Zeiten unveränderlich anzunehmen.

Zur bessern Einsicht dieses wichtigen Gegenstandes überblicken wir noch einmal im Zusammenhange die verschiedenen Verhältnisse, in welchen sich diese Rotationsaxe der Erde in Beziehung auf die Erde selbst und auf den sie umgebenden Himmel befindet. Wenn diese Erde eine homogene oder auch nur eine aus sehr dünnen concentrischen Schichten bestehende Kugel ist, deren Elemente alle sich unter einander im verkehrten Quadrate ihrer gegenseitigen Entfernungen anziehn und zugleich in demselben Verhältnisse von anderen, ruhenden oder bewegten äuſsern Körpern angezogen werden, so wird die Resultante aller dieser Kräfte immer dieselbe seyn, als wenn die Masse dieser ganzen Erde in ihrem Mittelpuncte vereinigt wäre, weil nämlich für diesen Fall jede dieser Kräfte gleich und entgegengesetzt der Reaction der Kugel auf denjenigen Punct seyn wird, von welchem diese Kraft kommt. Dann wird also dieser Schwerpunct der Erde wie ein freistehender, isolirter Punct, der gegebenen Anziehungen und Abstoſsungen unterworfen ist, sich bewegen und die Rotation der Erde wird von allen diesen Kräften unabhängig und dieselbe seyn, als wenn der Schwerpunct der Erde in Ruhe bliebe, so daſs also für den genannten Fall die zwei Bewegungen der Erde, die der Translation um die Sonne und die der Rotation um ihre eigene Axe, von einander ganz unabhängig seyn würden.

Digitized by Google

Wenn man also von der Abplattung der Erde oder der erwähnten concentrischen Schichten derselben abstrahirt, d. h. wenn man die Erde als eine vollkommene Kugel annimmt, deren Dichte entweder constant oder nach einem gewissen Gesetze mit der Entfernung ihrer Elemente vom Mittelpuncte veränderlich ist, so wird sie sich immer gleichförmig und mit derselben Geschwindigkeit um einen ihrer Durchmesser drehn, welcher Durchmesser immer derselbe bleibt, und zu gleicher Zeit wird die elliptische Bewegung ihres Schwerpuncts um die Sonne zwar noch durch die andern Planeten gestört werden, aber doch von der Bewegung ihrer Rotation gänzlich unabhängig seyn. Nicht so bei der an ihren Polen abgeplatteten Erde, wenn sie die Gestalt eines Körpers hat, welcher durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist. Denn wenn im Anfange der Bewegung der Erde ihre Rotationsaxe mit jener kleinen Axe der Ellipse nicht ganz genau zusammengefallen ist, so wird diese Rotationsaxe um jene elliptische Axe in Schwankungen gerathen und eben deshalb der Oberfläche der Erde bald in diesen, bald in jenen Puncten begegnen. Dann würden also die zwei Pole des Aequators auf der Oberfläche der Erde hin und wieder gehn und die geographischen Breiten (Polhöhen) der verschiedenen Orte dieser Oberflächen würden immerwährenden Veränderungen unterworfen seyn. Die *Gröfse* (*Amplitude*) dieser Schwankungen der Pole würden willkürlich seyn, die *Dauer* derselben aber würde von den Differenzen abhängen, welche die Momente der Trägheit der Erde unter sich haben[1]. Nach diesen bei unserer Erde statt habenden Momenten würde die erwähnte Dauer jener Oscillationen der Pole nahe ein Jahr betragen oder die periodischen Schwankungen der Polhöhen würden nahe mit jedem Jahre wiederkehren und ihre Anomalieen würden in jedem Monate dieselben seyn. Allein die schärfsten astronomischen Beobachtungen der neuesten Zeit haben uns keine solchen Aenderungen der Polhöhen bemerken lassen. Man mufs daher schliefsen, dafs diese Schwankungen, wenn sie je in der Vorzeit existirt haben, ursprünglich sehr klein gewesen und mit der Zeit ganz unmerklich geworden seyn müssen. Es bleiben demnach jetzt nur noch jene stetig fortwirkenden äufsern

---

1 Vergl. *Moment.* Bd. VI. S. 2332.

Kräfte übrig, die von der Attraction der Sonne, des Mondes und der Planeten auf das Sphäroid der Erde wirken, und diese allein werden die *Richtung der Erdaxe*, nicht in Beziehung auf die Oberfläche der Erde, wohl aber in Beziehung auf die fixen Gestirne des Himmels noch einer Aenderung unterwerfen können. In der That enthalten diese Anziehungen einen, obschon in Beziehung auf die Anziehung dieser Körper, die sie gegen die *ganze* Erde ausüben, sehr geringen Theil, dessen mittlere Richtung nicht durch den Schwerpunct der abgeplatteten Erde geht, und dieser Theil ist es, der jene Veränderungen der Lage der Erdaxe hervorbringt, die unter der Benennung der *Präcession der Nachtgleichen* und der *Nutation* bekannt sind[1].

F. Beständigkeit des Tages.

In der erwähnten Abhandlung von Poisson findet man auch die theoretischen, aus der analytischen Mechanik hervorgehenden Gründe für die Unveränderlichkeit des *Sterntags*, woraus dann sofort folgt, daſs auch der *mittlere Sonnentag* unveränderlich oder doch nur ganz unmerkbaren seculären Variationen unterworfen ist. Allein ohne uns hier in die Tiefen jener complicirten Berechnungen einzulassen, werden wir uns auf einem anderen, einfacheren Wege von dieser wichtigen Wahrheit, worauf unsere ganze Astronomie als auf einer Basis ruht, mit nicht minderer Schärfe zu überzeugen suchen.

Wenn man zwei nächstfolgende Durchgänge eines Fixsterns durch den Meridian beobachtet und wenn die bei diesen Beobachtungen gebrauchte Uhr, für die Zwischenzeit dieser beiden Durchgänge, genau 24 Stunden giebt, so sagt man, diese Uhr sey nach Sternzeit regulirt. Wenn dann diese Uhr längere Zeit hindurch ihren Gang genau beibehielte, so dürfte man nur von Zeit zu Zeit wieder zwei nächste Durchgänge eines Sterns an dieser Uhr beobachten, und wenn bei diesen

1 Am besten und umständlichsten findet man die wichtige Theorie von der Bewegung der Erdaxe entwickelt in einem sehr schönen Aufsatze von Poisson, sur le mouvement de la terre autour de son centre de gravité, in dem VIIten Theile der Mémoires de l'Acad. des Sciences de Paris.

Digitized by Google

spätern Beobachtungen die Zwischenzeit immer wieder genau 24 Stunden beträgt, so würde man daraus schliefsen, dafs der Sterntag, wenigstens für die alle diese Beobachtungen umfassende Periode, constant oder von gleicher Länge gewesen sey. Dieselben Beobachtungen kann man nach mehrern Jahren wiederholen, und wenn man auf diese Weise durch eine sehr lange Zeit immer dasselbe Resultat gefunden hat, so wird man daraus den Schlufs ziehn, dafs der Sterntag für alle Zeiten constant ist, ein Schlufs durch Induction, der desto sicherer seyn wird, je gröfser und genauer die Anzahl der ihm zu Grunde liegenden Beobachtungen ist und je weiter sie von einander in der Zeit entfernt sind. Allein wie soll man sich von dem unveränderten Gange einer solchen Uhr überzeugt halten? Wir haben zwar in der neueren beobachtenden Astronomie an dem Mittagsfernrohre [1] ein Mittel, den Gang einer solchen Uhr von Tag zu Tag mit der gröfsten Genauigkeit zu erforschen, allein dieses Mittel besteht eben nur in der Beobachtung jener Durchgänge der Sterne durch den Meridian und setzt daher das, was wir hier beweisen wollen, die Beständigkeit des Tages schon voraus. Wenn wir z. B. finden, dafs eine solche Uhr für die nächste Zwischenzeit zweier Sterndurchgänge heute eine Secunde mehr gegeben hätte als gestern, so schliefsen wir daraus nicht, dafs der heutige Tag eine Secunde länger ist, sondern nur dafs unsere Uhr heute um eine Secunde mehr zeigt, als sie zeigen sollte, oder dafs der Fehler der Uhr, nicht des Tags, während des Verlaufs eines Tages eine Secunde beträgt, wobei wir, wie gesagt, stillschweigend annehmen, dafs die Länge des Tags für gestern und heute und für alle Zeiten immer dieselbe ist. Wenn die alten Griechen oder Chaldäer die Länge des Tages kennen lernen wollten, so mufsten sie, da es keinen andern Weg zu diesem Ziele giebt, nahe auf dieselbe Weise verfahren, nur mit dem Unterschiede, dafs die Resultate ihrer Beobachtungen viel weniger genau seyn mufsten, als bei den neuern Astronomen, da sie weder Fernröhre noch gute Uhren hatten, die doch zu dieser Absicht unentbehrlich sind. Wenn sie aber auch das Fernrohr gekannt, wenn sie eine solche genaue Uhr besessen hätten und, um das Mafs dieser Voraussetzungen voll

---

1 S. Art. *Passagen-Instrument*. Bd. VII. S. 296.

zu machen, wenn eine solche Uhr bis zu uns gekommen wäre, was würde uns das alles nützen? Wenn eine solche z. B. im Schutte von Pompeji ausgegrabene Uhr mit den glaubwürdigsten Zeugnissen versehn wäre, dafs sie zur Zeit des Kaisers Augustus von einem astronomischen Collegium geprüft und dafs ihr täglicher Gang mit dem Sterntage von jener Zeit ganz übereinstimmend gefunden worden wäre, was würde uns das helfen, selbst wenn wir diese Uhr nach ihrem langen Schlaf vom achtzehnten Jahrhunderte wieder aufwecken und in Gang bringen könnten? Höchst wahrscheinlich würde sie mit unserem Sterntage nicht mehr genau übereinstimmen. Aber ihre Abweichung, wie klein oder wie grofs sie auch seyn mag, welcher Ursache soll man sie zuschreiben? Einer wirklichen Aenderung des Sterntages in dieser langen Periode oder vielmehr einer durch die Länge dieser Zeit erfolgten Abnutzung ihrer Theile? Das Letzte ist offenbar das Wahrscheinlichste, und da wir uns davon auf keine Weise befreien können, so bleiben wir auch, unseres anscheinend so glücklichen Fundes ungeachtet, über das, was wir eigentlich suchten, in tiefem Dunkel.

Allein die Astronomen haben ein ganz anderes Mittel gefunden, durch welches sie die wahre Länge des Tags, wie sie vor zwei vollen Jahrtausenden bestand, bestimmen und zwar mit viel gröfserer Schärfe bestimmen konnten, als es je durch jene alten Maschinen möglich gewesen wäre. Der Mond bewegt sich bekanntlich mit sehr merkbarer Geschwindigkeit unter den fixen Gestirnen des Himmels von West gen Ost. Zwar ist seine Geschwindigkeit sehr ungleich, aber wenn man ihn längere Zeit hindurch aufmerksam beobachtet, so findet man, dafs er im Mittel aus allen diesen Beobachtungen während eines mittleren Tages sich um 13,17634 Grade in Länge gegen Ost bewege, woraus folgt, dafs er in

$$\frac{360}{13{,}17634} = 27{,}3217 \text{ Tagen}$$

seinen ganzen Umlauf um die Erde in Beziehung auf irgend einen Fixstern zurücklegt, d. h. dafs seine siderische Umlaufszeit gleich

$$27^{\text{Tage}}\ 7^{\text{St.}}\ 43^{\text{Min.}}\ 14{,}^{\text{Sec}}9$$

mittlerer Zeit ist. Aus dieser *siderischen Umlaufszeit* des Monds läfst sich nun auch leicht die Umlaufszeit dieses Ge-

Digitized by Google

stirns in Beziehung auf die Sonne finden, welche letztere sich bekanntlich ebenfalls von West gen Ost, und zwar in einem mittlern Tage sehr nahe um 0,98559 Grade, bewegt. Dann ist nämlich die mittlere tägliche Bewegung des Monds in Beziehung auf die Sonne gleich der Differenz der beiden Zahlen 0,98559 und 13,17634 oder gleich 12,19075 Graden, so daſs man daher für die Umlaufszeit des Monds in Beziehung auf die Sonne oder für die sogenannte *synodische Revolution* des Monds erhält

$$\frac{360}{12{,}19075} = 29{,}5305887$$

oder $29^{T}\ 12^{h}\ 44'\ 2'',86$ mittlerer Zeit. Ja diese letzte Umlaufszeit ist sogar noch viel leichter und ohne alle astronomische Messungen zu finden, als die oben erwähnte siderische Revolution. Da nämlich im Augenblicke der Mitte einer Sonnenfinsterniſs der Mittelpunct des Mondes sehr nahe unmittelbar vor dem Mittelpuncte der Sonne steht, so wird man nur die beobachtete Zwischenzeit zweier solcher Finsternisse durch 2, 3, 4.. dividiren, je nachdem in dieser Zwischenzeit 2, 3, 4.. Umläufe des Monds statt hatten, um sofort die gesuchte synodische Revolution des Monds zu finden. Je gröſser diese Zwischenzeit ist, desto genauer wird auch diese Bestimmung der Revolution seyn, da sowohl die Fehler, die man in der unmittelbaren Beobachtung der Finsterniſs begeht, als auch die, welche von der verschiedenen Geschwindigkeit des Monds kommen, durch 2, 3, 4.., das heiſst durch immer gröſsere Zahlen dividirt, also auch immer kleiner werden, je gröſser jene Zwischenzeit ist. Nach den neuesten und genauesten Beobachtungen hat man für die synodische Revolution des Monds gefunden[1]:

$$29,^{T}530588716 = 29^{T}\,12^{h}\ 44'\ 2'',8650624.$$

Ganz auf dieselbe Weise, nämlich durch die Beobachtung weit von einander entfernter Sonnenfinsternisse, haben auch die Alten den Umlauf des Mondes zu bestimmen gesucht, und Hipparch, der gröſste Astronom des Alterthums, der nahe 150 Jahre vor Chr. Geb. lebte, hat daraus die synodische Revolution des Monds für seine Zeit gleich $29^{T}\ 12^{h}\ 44'\ 3'',26224$,

1 La Place Exposition du Système du Monde. Vte Aufl. T. I. p. 41.

also nur 0″,3971776 oder noch nicht einmal $\frac{4}{10}$ Zeitsecunden grösser gefunden, als wir für unsere Tage gefunden haben. Man findet diese Bestimmung in dem berühmtesten astronomischen Werke der Vorzeit, in der *Μεγάλη σύνταξις* oder dem sogenannten *Almagest* des PTOLEMÄUS, der 130 Jahre nach Chr. G. in Alexandrien lebte, im IIten Capitel des IVten Buches dieses Werkes.

Diese zwei gegen volle zwanzig Jahrhunderte von einander entfernten Bestimmungen stimmen demnach vollkommen unter einander überein, d. h. die Revolution des Monds ist noch heutzutage dieselbe, die sie vor zwei Jahrtausenden gewesen ist. Der griechische Astronom bestimmte nämlich zuerst durch directe Beobachtungen die Länge seines Tags, wie denn überhaupt in dieser Bestimmung die erste und wichtigste Beschäftigung eines jeden Astronomen enthalten ist; und wenn er einmal die Länge seines Tags genau kannte, so bestimmte er dann, auf die angeführte Art, durch Beobachtung der Finsternisse, die Anzahl dieser Tage, die auf einen synodischen Umlauf gehn. Ganz ebenso verfahren aber auch alle neuere Astronomen und beide in der Zeit so entfernte Beobachter gelangen zu demselben Resultate. Nun könnte es allerdings seyn, dafs, dieser Uebereinstimmung in den Resultaten ungeachtet, doch die Umlaufszeit des Monds an sich veränderlich wäre, dafs sie z. B. mit der Zeit immer kürzer[1] würde, allein dann müfste auch der Tag mit der Zeit immer länger und zwar genau in demjenigen Verhältnifs länger werden, welches erfordert wird, damit jene beiden Resultate, aus zwei so

1 In der That wird auch, die Sache in aller Schärfe genommen, diese Umlaufszeit wegen der sogenannten seculären Acceleration des Monds schon seit mehreren Jahrtausenden immer etwas weniges kürzer. Allein diese Verkürzung ist als eine für sich bestehende Störung des Mondlaufes zu betrachten, die von der Aenderung der Excentricität der Erdbahn abhängt, welche letzte ebenfalls im Abnehmen begriffen ist. Allein in der Folge der Zeiten wird diese Excentricität wieder zunehmen und mit ihr auch die Umlaufszeit des Monds, und diese beiden Anomalieen sind daher nicht als eine mit der Zeit immer fortgehende Störung, sondern nur als solche zu betrachten, die periodisch auf und nieder gehn und für bestimmte Epochen gänzlich verschwinden, daher sie mit unseren oben betrachteten Erscheinungen nichts gemeinschaftlich haben. (S. d. Art. *Mond*. Bd. VI. S. 2368.)

entfernten Epochen geschlossen, einander genau gleich bleiben könnten. Ein solches zufälliges Zusammentreffen der Abnahme der Umlaufszeit des Monds um die Erde und der Zunahme der Umlaufszeit der Erde um sich selbst ist aber schon an sich äufserst unwahrscheinlich und wird es noch viel mehr, wenn man weifs, dafs derselbe HIPPARCH auch die Umlaufszeiten der Planeten ganz ebenso mit denen der neuern Astronomen übereinstimmend gefunden hat, wie die des Monds, so dafs demnach die Umlaufszeiten aller Planeten, jede für sich genommen, genau um ebenso viel kürzer geworden seyn müfsten, als bei unsern immer länger werdenden Tagen erforderlich wäre, um für diese an sich veränderlichen Umlaufszeiten doch immer dieselbe Anzahl unserer ebenfalls veränderlichen Tage zu finden. Dazu kommt noch, dafs, wie unter den Astronomen aus theoretischen Gründen allgemein bekannt ist, die Umlaufszeiten aller Monde um ihre Hauptplaneten, so wie die aller Planeten um die Sonne, für alle Zeiten unveränderlich und immer genau von derselben Dauer sind.

Noch könnte man glauben, dafs irgend ein zufälliger Irrthum in der Beobachtung oder in der Berechnung, wenn nicht der neuen, so doch vielleicht der alten Astronomen jene sonderbare Uebereinstimmung hätte erzeugen können. Allein auch dieser Ausweg zeigt sich verschlossen, wenn man die Sache näher betrachtet. PTOLEMÄUS erwähnt in seinem bereits angeführten Werke mehrere sehr alte Beobachtungen von Finsternissen, die er von den Chaldäern erhalten zu haben vorgiebt. Die eine dieser Sonnenfinsternisse wurde im J. 382 und die andere sogar im J. 720 vor Chr. G. beobachtet. Diese Beobachtungen kannte HIPPARCH, der grofse Lehrer des PTOLEMÄUS, ohne Zweifel auch und er hat vielleicht dieselben Finsternisse zu seiner Bestimmung des Mondumlaufs gebraucht, da man, wie wir bald näher sehn werden, diesen Umlauf immer desto genauer erhält, je weiter die dazu gebrauchten Beobachtungen in der Zeit von einander entfernt sind. Die neuern Astronomen haben deswegen auch ihre eigenen Beobachtungen mit jenen der Chaldäer, als mit den ältesten, die sie auffinden konnten, verglichen; allein sie haben auch diese ihre eignen Beobachtungen mit denen, die PTOLEMÄUS 130 Jahre nach Chr. G. anstellte, ferner mit denen des Arabers ALBATEGNIUS 880 Jahre und mit denen des TYCHO BRAHE

1600 Jahre nach Chr. G. verglichen und aus allen diesen Vergleichungen immer dasselbe Resultat, immer dieselbe Umlaufszeit des Monds gefunden. Es ist daher keinem weitern Zweifel unterworfen, daſs die Länge des Tags seit den ältesten auf uns gekommenen Zeiten, d. h. seit vollen 25 Jahrhunderten, auch nicht der kleinsten uns merkbaren Veränderung ausgesetzt gewesen ist. Um die Sicherheit, mit der man zu diesem wichtigen Resultate auf dem erwähnten Wege gelangt, besser beurtheilen zu können, wollen wir die astronomischen Tafeln der Sonne, des Monds und der übrigen Planeten näher betrachten, die alle die Länge des mittleren Tags als für alle Zeiten unveränderlich voraussetzen. Wenn nun dieser Tag in der That nicht unveränderlich wäre, so würden die Längen und Breiten jener Himmelskörper, wie man sie aus diesen Tafeln berechnet, nicht mehr mit denjenigen Längen und Breiten übereinstimmen, die man durch die unmittelbaren Beobachtungen erhält, und wenn diese Veränderung des Tags progressiv wäre (d. h. wenn sie mit der Zeit immer in demselben Sinne wüchse oder abnähme), so würde die Differenz zwischen der Rechnung nach den Tafeln und den Beobachtungen offenbar desto gröſser seyn müssen, je älter diese Beobachtungen, je weiter sie von unserer Zeit entfernt sind. Zu diesen Untersuchungen wird vorzüglich unser Mond sehr geeignet seyn, da er so schnell um die Erde, nahe 13mal schneller, als die Erde um die Sonne, sich bewegt.

Seyen also l und l' die wahre Länge des Monds und der Sonne für irgend eine bestimmte Epoche, z. B. für eine von den alten Griechen beobachtete Finsterniſs, deren Andenken uns Ptolemäus erhalten hat. Aus unsern Sonnen- und Mondtafeln wird man für die angesetzte Zeit der Mitte der Finsterniſs die Werthe von l und l' finden, und es ist klar, daſs diese Tafeln, wenn sie nicht gar zu fehlerhaft sind, diese Differenz der beiden Längen oder daſs sie die Gröſse $l - l'$ nur wenig verschieden von 0° oder von 180° geben müssen. Diese Gröſse $l - l'$ wird nämlich nahe gleich Null seyn müssen für alle Sonnenfinsternisse und nahe gleich 180° für alle Mondfinsternisse. Nun hat man aber bereits 27 solche alte Finsternisse berechnet, die von den Chaldäern, Griechen und Arabern beobachtet worden sind, und für alle nur sehr geringe Fehler gefunden, die sich aus der unvollkommenen Beobachtungs-

Digitized by Google

art der Alten sehr leicht erklären lassen. Die allerälteste dieser Sonnenfinsternisse, welche die Chaldäer im J. 720 beobachtet haben, giebt sogar für $l - l'$, offenbar nur durch einen glücklichen Zufall, den äufserst nahen Werth von 2″, statt dafs eigentlich $l - l' = 0$ seyn sollte. Diese Uebereinstimmung von 27 so alten Finsternissen ist ohne Zweifel ein schöner Beweis, dafs die Voraussetzung, auf welche alle unsere Tafeln gebaut sind, nämlich die Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Tags, der Wahrheit vollkommen gemäfs ist.

Um dieses noch mehr ins Licht zu setzen, wollen wir annehmen, dafs seit der Epoche jener ältesten Finsternifs, von der noch eine zuverlässige Nachricht auf uns gekommen ist, oder dafs seit nahe 2500 Jahren jeder einzelne Tag um den αten Theil desselben kürzer geworden ist, als der vorhergehende, oder vielmehr dafs die constante Verkürzung eines jeden dieser Tage den αten Theil unseres gegenwärtigen letzten Tages dieser Periode betragen habe. Sey n die mittlere Bewegung des Monds während eines mittleren Tags oder der Bogen, welchen der Mond in einem mittleren Tage am Himmel zurücklegt. Nimmt man den mittleren Tag, wie er jetzt statt hat, für die Einheit der Zeit an, so hat man für die in diesem und in den ihm nach der Reihe vorhergehenden Tagen von dem Monde zurückgelegten Bogen die Ausdrücke

$$n;\ n(1+\alpha);\ n(1+2\alpha);\ n(1+3\alpha);\ n(1+4\alpha)\ldots$$

so dafs also auch der Bogen des entferntesten oder letzten Tags gleich

$$n(1+(t-1)\alpha)$$

seyn wird, wenn t die Anzahl der Tage der ganzen Periode bezeichnet. Diese Gröfsen bilden eine arithmetische Reihe der ersten Ordnung, in welcher das erste Glied $A = n$ und das letzte $U = n + n(t-1)\alpha$, für welche also auch die Summe aller dieser Glieder, deren Anzahl t ist, gleich

$$(A+U)\frac{t}{2} \text{ oder gleich } [2n + n(t-1)\alpha]\frac{t}{2}$$

oder gleich

$$nt + \tfrac{1}{2}n\alpha t(t-1)$$

seyn wird, wofür man, da t eine sehr grofse Zahl ist, ohne merklichen Fehler schreiben kann

$$nt + \tfrac{1}{2}n\alpha t^2,$$

und dieses ist daher der ganze Weg, den der Mond in dieser langen Periode von t Tagen am Himmel zurückgelegt hat. Der erste Theil nt dieses Ausdrucks ist schon in dem Werthe der obenerwähnten Mondlänge l begriffen, den man nach den Mondtafeln unter der Voraussetzung berechnet hat, daſs der Tag von beständiger Länge sey. Der andere Theil $\frac{1}{2}n\alpha t^2$ aber gehört offenbar der hypothetischen Abnahme α des Tages an oder dieser Bogen $\frac{1}{2}n\alpha t^2$ ist es, um den man die tabellarische Länge l des Mondes vergröſsern müſste, wenn jeder Tag dieser Periode um seinen αten Theil abnähme. Ganz ebenso würde man auch, wenn n' die mittlere tägliche Bewegung der Sonne bezeichnet, die tabellarische Länge l' der Sonne, die gleich $n't$ ist, um die Gröſse $\frac{1}{2}n'\alpha t^2$ vergröſsern müssen, so daſs man also, bloſs wegen dieser Verkürzung des Tages, für eine t Tage vor unserer Zeit beobachtete Sonnenfinsterniſs die tabellarische Differenz $l - l'$ dieser beiden Gestirne um die Gröſse

$$\delta = \tfrac{1}{2}\alpha(n - n')t^2 \ldots (a)$$

vergröſsern müſste, um diese Differenz in der That sehr nahe auf Null zu bringen, wie sie bei Sonnenfinsternissen seyn muſs. Sehn wir nun zu, ob sich diese Correction δ auch in der That mit jenen alten Beobachtungen verträgt.

In der Connaissance des Tems f. d. J. 1800 sind jene alten Beobachtungen mit unsern Sonnen- und Mondtafeln, die den Tag als constant voraussetzen, verglichen worden, und man fand für alle dort discutirten Sonnenfinsternisse die Gröſse $l - l'$ meistens nur einige Minuten betragend, was man den unvollkommenen Beobachtungen der Alten zugeschrieben hat, so daſs man also daraus auf die Güte unserer Tafeln und zugleich auf die Richtigkeit der vorausgesetzten Beständigkeit des Tags mit gutem Grunde den Schluſs zu ziehn sich berechtigt glaubte. Vielleicht lassen sich aber diese noch übrigen, wenn gleich schon sehr kleinen Fehler durch die Annahme eines veränderlichen Tages noch weiter vermindern oder wohl gar ganz auf Null herabbringen? Um dieſs zu untersuchen, wollen wir annehmen, daſs der heutige Tag um seinen hunderttausendmillionsten Theil kleiner sey als der gestrige, und daſs so jeder Tag des ganzen Zeitraums um denselben Theil oder um den

$$\alpha = 0{,}00000000001\text{sten}$$

Theil des heutigen Tages kleiner sey, als der ihm vorhergehende Tag. Diese Abnahme der Tage beträgt daher (wie man durch die Multiplication mit 86400 findet) nur den 0,000000864ten Theil einer Zeitsecunde oder, in runder Zahl, nahe den millionsten Theil einer Zeitsecunde. Nach dem bereits oben Gesagten hat man für die mittlere tägliche Bewegung

$$\begin{aligned} &\text{des Monds} \;.\;.\; n = 13^{0},1763, \\ &\text{der Sonne} \;.\;.\; n' = 0^{0},9856, \\ \hline &\text{Differenz} \;\; n - n' = 12^{0},1907. \end{aligned}$$

Geht man nun von dem Jahre 1800 nach Chr. G. bis zu dem Jahre 700 vor dieser Epoche zurück, um welche letzte Zeit jene älteste Finsternifs statt hatte, so enthält unsere Periode 2500 Jahre oder, jedes Jahr zu $365\frac{1}{4}$ Tagen genommen, $2500(365,25) = 913125$ Tage. Dieses giebt

$$t = 913125 \text{ und } m = \tfrac{1}{2}(n - n').t^2 = 5082290000000,$$

so dafs daher die obige Gleichung (a) in folgende einfache übergeht:

$$\delta = \alpha.m \;.\;.\;.\; (b)$$

Substituirt man in ihr den oben angenommenen Werth von $\alpha = 0,00000000001$, so erhält man

$$\delta = 50^{0},82.$$

Weit gefehlt also, dafs wir uns durch diese Annahme einer täglichen Verkürzung des Tags von einer Milliontel Secunde der gesuchten Wahrheit nähern, so entfernen wir uns vielmehr von ihr auf eine Weise, die durchaus nicht zugelassen werden kann. Wir sollten nämlich, um jenen vielleicht noch übrigen Fehler unserer Tafeln zu vermindern oder ganz zu entfernen, den Werth von δ höchstens gleich einigen Minuten finden, während er hier über 50 Grade gefunden wird. Und doch, scheint es, haben wir diese Veränderung jedes Tages zu einem Milliontel einer Secunde klein genug angenommen, indem dadurch selbst der Unterschied der zwei äufsersten Tage unserer Periode nur auf αt oder auf 0,000009 eines Tags, d. h., nahe auf 0,8 einer Zeitsecunde gebracht wird.

Hätte man α zehnmal gröfser, also

$$\alpha = 0,0000000001 \text{ Tag}$$

oder nahe gleich $\frac{1}{100000}$ Secunde angenommen, so würde man für den Unterschied der beiden äufsersten Tage

$$\alpha t = 0{,}000913 \text{ Tage}$$

oder nahe 78,9 Secunden und für δ den Werth

$$\delta = \alpha m = 508°{,}228$$
$$360$$
$$148{,}228$$

gefunden haben, oder man würde, abgesehn davon, dafs man eine ganze synodische Revolution des Monds übersehn hätte, den bisherigen Fehler der Tafeln von einigen Minuten, den man verkleinern wollte, auf den enormen Werth von 148° vergröfsert haben. Bei Fehlern solcher Art aber bliebe nichts anderes übrig, als entweder unsere Sonnen- und Mondtafeln für ganz unbrauchbar zu erklären, oder jene Nachrichten von den alten Finsternissen als blofse Erdichtungen zu verwerfen.

Nähme man endlich die Abnahme eines jeden Tags hundertmal kleiner, als in dem ersten Beispiele, oder gleich dem hundertmillionsten Theil einer Zeitsecunde, so ist

$$\alpha = 0{,}0000000000001,$$

und da m den vorigen Werth behält, so ist nach der Gleichung (b)

$$\delta = \alpha m = 0°{,}5082285,$$

oder nahe $\delta = 30\frac{1}{2}$ Minuten. Also selbst dann, wenn jeder einzelne Tag sich nur um seinen zehnbillionsten Theil änderte, oder wenn der erste jener Tage unserer Periode von dem letzten nur um $\alpha t = 0{,}000\,000091$ Tage (d. h. nur um 0,008 einer Zeitsecunde) verschieden wäre, oder mit andern Worten, selbst dann, wenn sich die Länge unsers Tages seit vollen 25 Jahrhunderten nur um $\frac{1}{100}$ Secunde geändert hätte, so würde doch dadurch der Fehler unserer Tafeln, der bisher nur einige Bogensecunden betrug, auf volle 30 Minuten vergröfsert werden und weit entfernt, jenem Fehler abzuhelfen, würden wir durch diese Hypothese nur das Uebel ärger gemacht haben. Wir können daher daraus mit Recht den Schlufs ziehn, dafs die Länge des Tags, wie er vor 2500 Jahren war, von der Länge unseres gegenwärtigen Tages noch nicht um den hundertsten Theil einer Secunde verschieden seyn kann. Dafs übrigens in der hier gebrauchten tabellarischen Länge l des Monds die seculäre Ungleichheit seiner mittleren Bewegung schon inbegriffen ist, bedarf keiner Erläuterung.

Digitized by Google

Ueberhaupt, wenn die Länge des Tages irgend einer Variation unterworfen wäre, sie mag nun periodisch oder mit der Zeit immer fortgehend seyn, so würden daraus Störungen oder Illusionen in unserer Zeitmessung entstehn, die in der Bewegung der Gestirne scheinbare Ungleichheiten erzeugen müfsten. Diese Ungleichheiten würde man aber ohne Mühe schon längst bemerkt haben, weil sie für alle Gestirne, für die Sonne, den Mond und für jeden Planeten ganz dieselben seyn, ganz denselben Gesetzen folgen würden; und weil die Gröfsen dieser scheinbaren Ungleichheiten für jeden dieser Himmelskörper der Geschwindigkeit seiner Bewegung proportional seyn würden. So würde z. B. die Umlaufszeit Mercurs, die jetzt nur 88 Tage beträgt, nach der Bestimmung der Griechen und nach der der neuern Astronomen viel weniger verschieden seyn, als die des Saturn, dessen Revolution 10759 Tage beträgt, also 122mal gröfser ist, als jene, wenn unsere Tage von jenen der Griechen in ihrer Länge verschieden wären. Allein die Alten haben uns von den Revolutionen der Planeten schon so genaue Angaben hinterlassen, dafs wir an ihnen, unserer so viel schärferen Beobachtungen ungeachtet, nur sehr wenig zu ändern gefunden haben. Wir haben bereits oben gesehn, dafs Ptolemäus die synodische Revolution des Monds gleich $29^T\ 12^h\ 44'\ 3'',26224$, nur $\frac{4}{10}$ einer Zeitsecunde gröfser gefunden hat, als die neueren Astronomen. Es giebt aber keine Erscheinung des Himmels, die man mit gröfserer Genauigkeit bestimmen könnte, als eben diese Revolutionen der Planeten, wenn man nur solche Beobachtungen hat, die weit genug in der Zeit von einander entfernt sind, und dieses ist eben die Ursache, warum die Griechen die Revolutionen der Planeten, von welchen ihnen solche alte Beobachtungen von den Chaldäern gegeben wurden, in allen den Fällen mit so grofser Schärfe bestimmen konnten, wo nicht, wie bei Jupiter und Saturn, ihnen unbekannte Ungleichheiten von sehr langen Perioden hindernd entgegen traten. Um den hohen Grad der Genauigkeit, welche solche Beobachtungen in ihrem Resultate, in der daraus zu schliefsenden Umlaufszeit der Planeten gewähren, besser einzusehn, wollen wir annehmen, dafs man zu Anfang und zu Ende einer Periode von t Tagen die Längen l' und l eines dieser Planeten beobachtet habe, so wird die Zeit, in welcher der Planet volle 360 Grade in Beziehung

Digitized by Google

auf den Frühlingspunct zurücklegt, d. h. so wird die gesuchte Revolution T dieses Planeten durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden

$$T = \frac{360\,t}{l' - l}.$$

Wenn aber auch die beiden Längen l' und l, oder vielmehr, wenn auch die Differenz l' — l dieser beiden Längen noch beträchtlichen Fehlern unterworfen wäre, wie dieses wenigstens bei sehr alten Beobachtungen ohne Zweifel der Fall ist, so wird doch der vorhergehende Werth von T der Wahrheit noch immer nahe genug seyn, wenn nur die Differenz l' — l sehr groſs ist, wie dieses bei sehr alten Beobachtungen, mit denen unserer Tage verglichen, immer der Fall seyn muſs. In der That, differentiirt man die vorhergehende Gleichung in Beziehung auf l, l' und T, so findet man

$$\partial T = \frac{(\partial l - \partial l').T^2}{360\,t},$$

so daſs also der Fehler ∂T des gesuchten Resultats desto geringer seyn wird, je gröſser die Zwischenzeit t der beiden Beobachtungen ist, den Fehler $\partial l - \partial l'$ dieser Beobachtungen in allen Fällen gleich gesetzt. Hätte man z. B. zu Hipparch's Zeit (150 Jahre vor Chr. G.) und im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts die Längen l' und l des Mondes beobachtet, so ist die Zwischenzeit 150 + 1800 oder 1950 Jahre, jedes zu 365¼ Tagen gezählt, oder es ist

$$t = 712237{,}5 \text{ Tage}.$$

Die siderische Umlaufszeit des Mondes aber, die man hier nur beinahe zu kennen braucht, ist T = 27,322 Tage, so daſs man daher für die vorhergehende Gleichung den Ausdruck erhält

$$\partial T = \frac{(\partial l - \partial l')(27{,}322)^2}{360\,(712237{,}5)}$$

oder

$$\partial T = 0{,}00000\,29114\,(\partial l - \partial l'),$$

wo $(\partial l - \partial l')$ in Graden und ∂T in Tagen und Theilen eines Tags ausgedrückt ist. Will man aber zur bequemeren Uebersicht $(\partial l - \partial l')$ in Bogensecunden und ∂T in Zeitsecunden ausdrücken, so hat man

$$\frac{\partial T}{24.(60)^2} = \frac{0{,}00000\,29114\,(\partial l - \partial l')}{60^2},$$

Digitized by Google

das heifst

$$\partial T = 0{,}00006\,98736(\partial l - \partial l').$$

Die letzte Gleichung zeigt, dafs ein Fehler in $(\partial l - \partial l')$

von 1 Sec.; von 1 Min.; von 1 Grad im Bogen

in dem Resultate T respective erst einen Fehler ∂T

von 0,00007; von 0,0042; von 0,251 Zeitsecunden

erzeugt, dafs man also auch, um die Revolution T um eine Zeitsecunde zu grofs oder zu klein zu finden, in der Längendifferenz $l - l'$ einen Fehler von 14400 Raumsecunden oder von vollen vier Graden begangen haben müfste, was durchaus weit aufserhalb der Grenze aller Wahrscheinlichkeit liegt.

G. Veränderlichkeit des natürlichen Tags.

Wir haben bereits oben (A) durch den Ausdruck *natürlicher Tag* die Zeit der Gegenwart der Sonne über einem gegebenen Puncte der Oberfläche der Erde oder die Zeit vom Aufgange der Sonne bis zu ihrem Untergange bezeichnet. Während nun der eigentliche Tag oder die Rotationszeit der Erde um ihre Axe (nach F) seit den ältesten Zeiten auch nicht der kleinsten uns merkbaren Veränderung unterworfen war, ist die Länge des natürlichen Tages für jeden gegebenen Ort der Erde, wie allgemein bekannt, sehr verschieden und es ist interessant, diese Länge für jeden gegebenen Ort und für jede Jahreszeit zu bestimmen. Diese Veränderlichkeit des natürlichen Tags hat ihren Grund in der *Schiefe der Ekliptik*[1]. Wäre diese Schiefe gleich Null oder fiele die Ekliptik mit dem Aequator zusammen, so würden alle natürliche Tage der Erde für jeden Ort der Oberfläche derselben und für jede Jahreszeit gleich grofs, nämlich gleich 12 Stunden seyn oder Tag und Nacht würden immer und überall von gleicher Länge seyn. Man wird aber die Länge des natürlichen Tags für jeden Ort der Erde nach den Formeln bestimmen, die anderwärts mitgetheilt worden sind[2], daher wir uns hier nicht weiter bei dieser Bestimmung aufhalten und nur eine allgemeine Uebersicht derselben mittelst einer Tafel geben wollen, aus der man auch ohne weitere trigonometrische Berechnung die Länge

1 S. Art. *Ekliptik.* Bd. III. S. 168.
2 S. Art. *Aufgang.* Bd. I. S. 516. Vergl. *Tagbogen.*

des Tages für jeden Ort der Oberfläche der Erde und für jeden gegebenen Monatstag finden kann. Diese Tafel ist dem Schlusse dieses Artikels angehängt. Sie giebt die Hälfte des natürlichen Tags für alle Polhöhen von 38 bis 66 und für alle Poldistanzen der Sonne von 66 bis 114 Grade, das heifst für alle Polhöhen Europa's und für alle Tage des Jahres. Sucht man z. B die Länge des Tags am 13ten Mai 1838 für Constantinopel, so ist die Polhöhe dieser Stadt 41° und die nördliche Declination der Sonne für diesen Tag 9°, also auch die Poldistanz der Sonne 81°. Mit diesen zwei Zahlen 41° und 81° giebt die Tafel

$$\text{halbe Tagslänge} = 6^h\,34\tfrac{1}{2}^{\text{Min.}}$$

und dieses ist zugleich die wahre Zeit des Untergangs der Sonne für diesen Tag in Constantinopel. Die Zeit des Aufgangs aber ist $12^h - (6^h\,34\tfrac{1}{2}^{\text{Min.}}) = 5^h\,25\tfrac{1}{2}^{\text{Min.}}$, und die ganze Tagslänge ist $13^h\,9'$, also auch die Länge der Nacht $10^h\,51'$.

Dieselbe Tafel läfst sich auch für den Mond, für Planeten und für alle die Fixsterne brauchen, deren Poldistanzen zwischen 66 und 114 Graden enthalten sind. Dann giebt nämlich diese Tafel die halbe Dauer derjenigen Zeit, welche dieses Gestirn über dem Horizonte zubringt, oder sie giebt die Zeit von der Culmination des Gestirns bis zu seinem Untergange. Kennt man daher die Zeit dieser Culmination, so wird man nur von dieser Zeit der Culmination die Zahl der Tafel subtrahiren oder dazu addiren, um sofort auch die Zeit des Auf- und Untergangs des Gestirns zu erhalten. Sucht man z. B. den Auf- und Untergang des Sirius in Wien am 10. Mai 1838, so findet man für dieses Gestirn die Rectascension oder die Sternzeit der Culmination gleich $6^h\,37'$, und daraus folgt[1] die mittlere Zeit der Culmination dieses Sterns gleich $3^h\,27'$. Die Poldistanz des Sirius aber ist 106° 30′ und die Polhöhe Wiens 48° 12′, und mit diesen zwei Zahlen giebt die Tafel

halber Tag	$= 4^h\,43'$	
Zeit der Culmination	$= 3\;\;27$	
Aufgang mittl. Zeit . .	$22^h\,44'$	oder $10^h\,44'$ Vormittags
Untergang	$8\;\;10$	oder $8^h\,10'$ Nachmittags.

Für Petersburg, dessen Polhöhe nahe 60° ist, giebt dieselbe Tafel

1 Vergl. *Sternzeit.* Bd. VIII. S. 1030.

Digitized by Google

halber Tag =	3^h	56'	
Zeit der Culmination	3	27	
Aufgang	23	51	oder 11^h $51'$ Morgens
Untergang	7	23	oder 7 23 Abends.

Bemerken wir noch, dafs in den Zahlen dieser Tafel auf die Refraction keine Rücksicht genommen ist. Es ward aber bereits oben[1] gezeigt, wie man die Wirkung der Refraction und der Parallaxe auf den Auf- und Untergang der Gestirne zu berücksichtigen hat. Einfacher und für solche Bestimmungen, wo selbst den Astronomen an einigen Secunden nur wenig gelegen seyn wird, genau genug kann man auf folgende Weise verfahren. Ist φ die Polhöhe des Orts, p und s die Poldistanz und der halbe Tagbogen des Gestirns, ohne Rücksicht auf Refraction, so wie s' der halbe durch Refraction und Parallaxe corrigirte Tagbogen, so hat man, wenn Δ gleich der Refraction weniger der Parallaxe am Horizonte ist, folgende zwei Gleichungen

$$0 = \text{Cos.}\, s\, \text{Sin.}\, p.\, \text{Cos.}\, \varphi + \text{Cos.}\, p.\, \text{Sin.}\, \varphi$$

und

$$-\text{Sin.}\, \Delta = \text{Cos.}\, s'\, \text{Sin.}\, p\, \text{Cos.}\, \varphi + \text{Cos.}\, p\, \text{Sin.}\, \varphi.$$

Beider Gleichungen Differenz giebt

$$2\, \text{Sin.}\, \frac{s'-s}{2}\, \text{Sin.}\, \frac{s'+s}{2} = \frac{\text{Sin.}\, \Delta}{\text{Sin.}\, p\, \text{Cos.}\, \varphi}.$$

Dieser Ausdruck ist noch völlig genau. Setzt man aber abkürzend Δ statt Sin. Δ und $\frac{s'-s}{2}$ statt Sin. $\frac{s'-s}{2}$, so wie Sin. s statt Sin. $\frac{s'+s}{2}$, so erhält man

$$s' = s + \frac{\Delta}{15\, \text{Sin.}\, p\, \text{Cos.}\, \varphi\, \text{Sin.}\, s} \quad . . (A)$$

und aus dieser Gleichung (A) wird man den gesuchten verbesserten Werth s' erhalten, wenn man den unverbesserten s durch die einfache Gleichung

$$\text{Cos.}\, s = -\text{Tang.}\, \varphi\, \text{Cotg.}\, p \quad . . (B)$$

berechnet hat.

---

1 S. Art. *Stundenkreis*. Bd. VIII. S. 1227.

Digitized by Google

Ist z. B. $p = 50°$ und für Wien $\varphi = 48° 12'$, so giebt die Gleichung (B) den uncorrigirten halben Tagbogen

$$s = 159° 41' = 10^h 38' 44''.$$

Ist nun die Differenz der horizontalen Refraction und Parallaxe $\Delta = 33$ Minuten, so erhält man sofort aus der Gleichung (B)

$$s' - s = 12',41 \text{ Zeitminuten},$$

also ist auch der corrigirte Werth von s oder

$$s' = 10^h 38' 44'' + 12' 25'' = 10^h 51' 9''.$$

Sehr genau erhält man diese, so wie alle andere Angaben aus dem Encke'schen Berliner Jahrbuch, aber nur für diese Stadt oder vielmehr für ihre Polhöhe von 52° 31′ 40″. Um aus diesen Ephemeriden auch den Auf- und Untergang der Sonne für andere Breitengrade zu erhalten, kann man sich einer solchen Tafel bedienen, wie Schumacher in seinem Jahrbuche[1] gegeben hat. Auf diese Verschiedenheit des natürlichen Tags für verschiedene Puncte der Oberfläche der Erde gründen sich die sogenannten

H. Klimate der Alten.

An dem Aequator sind alle natürliche Tage durch das ganze Jahr gleich 12 wahren Sonnenstunden, so dafs daselbst Tag und Nacht immer von derselben Gröfse sind. In der Entfernung von nahe 8,5 Graden zu beiden Seiten des Aequators ist der *längste* Tag des Jahres bereits um eine halbe Stunde gröfser oder er ist gleich $12^h 30'$. Die Zone der Erde, die zwischen dem Aequator und demjenigen Parallelkreise, dessen längster Tag $12^h 30'$ ist, eingeschlossen wird, nannten die alten Griechen das erste Klima, und ebenso wurde die Zone zwischen den beiden Parallelkreisen, deren längster Tag $12^h 30'$ und $13^h 0'$ ist, das zweite, die zwischen $13^h 0'$ und $13^h 30'$ das dritte Klima u. s. w. genannt. Strabo zählte acht solcher Klimate, indem er glaubte, dafs über die Breite von 52° hinaus die Erde wegen der grofsen Kälte schon ganz unbewohnbar seyn müsse. Ptolemäus aber nimmt schon dreizehn solcher Klimate bis zu der Breite von 60° an.

1 Jahrbuch für 1836 u. s. w. Stuttg. 1836. S. 130.

Digitized by Google

Um diese Klimate näher zu bestimmen, hatten wir oben für die halbe Tageslänge s den Ausdruck erhalten

$$\text{Cos.}\, s = -\,\text{Tang.}\, \varphi\ \text{Cotg.}\, p\,.$$

Aus dieser Gleichung folgt, dafs s am gröfsten wird, wenn p am kleinsten ist, und umgekehrt. Bezeichnet man aber durch e die Schiefe der Ekliptik, so ist der kleinste Werth von p gleich $90^\circ - e$ und der gröfste gleich $90^\circ + e$, so dafs man daher für den gröfsten und kleinsten Werth von s erhält

für den gröfsten $\text{Cos.}\, s' = -\,\text{Tang.}\, \varphi\,.\, \text{Tang.}\, e,$
für den kleinsten $\text{Cos.}\, s'' = +\,\text{Tang.}\, \varphi\,.\, \text{Tang.}\, e.$

Die erste dieser zwei Gleichungen giebt

$$\text{Tang.}\, \varphi = -\,\text{Cos.}\, s'.\, \text{Cotg.}\, e$$

und durch diesen Ausdruck wird man die Klimate der Alten finden, wenn man s nach der Ordnung

$180^\circ\, 0'$, $187^\circ\, 30'$, $195^\circ\, 0'$, $202^\circ\, 30'$, $210^\circ\, 0'$ u. s. w.

oder

12^h, $12^h\, 30'$, 13^h, $13^h\, 30'$, 14^h u. s. w.

setzt und die Schiefe der Ekliptik $e = 23^\circ\, 27',5$ annimmt. Man erhält so folgende kleine Tafel:

Klima	Tageslänge	Polhöhe	Klima	Tageslänge	Polhöhe
1	12h 30′	8° 34′	12	18h 0′	58° 28′
2	13 0	16 44	13	18 30	60 0
3	13 30	24 12	14	19 0	61 19
4	14 0	30 49	15	19 30	62 26
5	14 30	36 32	16	20 0	63 23
6	15 0	41 24	17	20 30	64 11
7	15 30	45 33	18	21 0	64 50
8	16 0	49 3	19	21 30	65 23
9	16 30	52 0	20	22 0	65 51
10	17 0	54 31	21	22 30	66 8
11	17 30	56 39	22	23 0	66 22
12	18 0	58 28	23	23 30	66 30
			24	24 0	66 32

Nennt man a den Halbmesser der Erde, so ist die Oberfläche F einer Zone zwischen dem Aequator und dem Parallelkreise der Breite φ gleich

$$F = 2 a^2 \pi . \int \partial \varphi \, \text{Cos.} \, \varphi$$

oder

$$F = 2 a^2 \pi . \text{Sin.} \, \varphi .$$

Nennt man also φ eine der Polhöhen der vorhergehenden Tafel, z. B. $\varphi = 58^\circ \, 28'$, und die nächstfolgende $\varphi' = 60^\circ \, 0'$, so erhält man für die Oberfläche F des zwischen diesen beiden Polhöhen enthaltenen Klima's

$$F = 2 a^2 \pi \, (\text{Sin.} \, \varphi' - \text{Sin.} \, \varphi)$$

oder

$$F = 4 a^2 \pi \, \text{Cos.} \, \frac{\varphi' + \varphi}{2} \, \text{Sin.} \, \frac{\varphi' - \varphi}{2},$$

wo $\pi = 3{,}14159 \, ..$ die bekannte Ludolph'sche Zahl ist.

Auf dieselbe Weise würde man auch die Oberfläche der drei Zonen oder der drei Klimate im neuern Sinne des Wortes berechnen können. Wir nennen nämlich das *heifse Klima* diejenige Zone, die vom Aequator zu beiden Seiten desselben bis zu der geographischen Breite $\varphi = e$ geht, wo $e = 23^\circ \, 28'$ die Schiefe der Ekliptik bezeichnet. Diese Zone wird bekanntlich von den beiden *Wendekreisen* begrenzt. Die zwei *gemäfsigten Klimate* gehen zu beiden Seiten des Aequators von

$$\varphi = e = 23^\circ \, 28'$$

bis

$$\varphi = 90^\circ - e = 66^\circ \, 32'$$

und die beiden *kalten Klimate* endlich oder die beiden kalten Zonen, deren jede einen der beiden Pole in ihrer Mitte hat, gehn von

$$\varphi = 90^\circ - e = 66^\circ \, 32'$$

bis

$$\varphi = 90^\circ$$

und der Parallelkreis der Breite $66^\circ \, 32'$, der die kalte Zone von der gemäfsigten trennt, wird der *Polarkreis* genannt. Die letzte der vorhergehenden Gleichungen giebt das Mittel, die Oberflächen dieser Zonen zu berechnen. Theilt man die

Digitized by Google

Oberfläche der ganzen Erde in hundert gleiche Theile, so enthält die heifse Zone 40 solcher Theile, jede der zwei gemäfsigten 26 und jede der zwei kalten Zonen 4 solche Theile, so dafs man wieder

$$40 + 2.26 + 2.4 = 100$$

für die Oberfläche der ganzen Erde erhält. Wir werden weiter unten[1] Gelegenheit haben, die Dimensionen dieser Erdzonen oder Klimate auch für die sphäroidische Erde durch ganz strenge Ausdrücke darzustellen.

---

1 S. Art. *Zone.*

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen.				
	38°	39°	40°	41°	42°
66°	7h 25′	7h 28′	7h 31′	7h 34′	7h 38′
68	7 17	7 19	7 22	7 25	7 29
70	7 9	7 12	7 14	7 17	7 20
72	7 2	7 4	7 6	7 9	7 11
74	6 55	6 57	6 59	7 1	7 3
76	6 48	6 49	6 51	6 53	6 55
78	6 41	6 42	6 44	6 45	6 47
80	6 34	6 36	6 37	6 38	6 39
82	6 28	6 29	6 30	6 31	6 32
84	6 22	6 22	6 23	6 24	6 25
86	6 15	6 16	6 16	6 17	6 17
88	6 7	6 8	6 9	6 10	6 10
90	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0
92	5 56	5 56	5 56	5 56	5 56
94	5 50	5 50	5 49	5 49	5 48
96	5 44	5 43	5 43	5 42	5 41
98	5 37	5 37	5 36	5 35	5 34
100	5 31	5 30	5 29	5 29	5 29
102	5 25	5 23	5 22	5 20	5 19
104	5 18	5 16	5 15	5 13	5 11
106	5 11	5 9	5 7	5 5	5 3
108	5 4	5 2	4 59	4 57	4 55
110	4 57	4 54	4 52	4 49	4 47
112	4 49	4 47	4 44	4 41	4 38
114	4 42	4 39	4 35	4 32	4 29

Digitized by Google

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen.				
	43°	44°	45°	46°	47°
66°	7h 42′	7h 45′	7h 49′	7h 54′	7h 58′
68	7 32	7 35	7 39	7 43	7 46
70	7 23	7 26	7 29	7 32	7 35
72	7 14	7 16	7 19	7 22	7 25
74	7 5	7 7	7 10	7 12	7 15
76	6 57	6 59	7 1	7 3	7 5
78	6 49	6 50	6 52	6 55	6 56
80	6 41	6 42	6 44	6 45	6 47
82	6 33	6 34	6 35	6 37	6 38
84	6 25	6 26	6 27	6 28	6 29
86	6 18	6 18	6 19	6 20	6 20
88	6 10	6 11	6 11	6 11	6 12
90	6 0	6 0	6 0	6 0	6 0
92	5 55	5 55	5 55	5 55	5 55
94	5 48	5 47	5 47	5 46	5 46
96	5 40	5 40	5 39	5 38	5 37
98	5 33	5 32	5 31	5 30	5 28
100	5 25	5 29	5 22	5 21	5 20
102	5 17	5 16	5 14	5 12	5 11
104	5 9	5 7	5 5	5 3	5 1
106	5 1	4 59	4 57	4 54	4 52
108	4 53	4 50	4 47	4 45	4 42
110	4 44	4 41	4 38	4 35	4 32
112	4 35	4 32	4 28	4 25	4 21
114	4 25	4 22	4 18	4 14	4 10

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen.									
	48°		49°		50°		51		52°	
66°	8h	3′	8h	7′	8h	12′	8h	18′	8h	24′
68	7	50	7	55	7	59	8	4	8	9
70	7	39	7	43	7	47	7	51	7	55
72	7	28	7	31	7	35	7	38	7	42
74	7	18	7	21	7	24	7	27	7	30
76	7	8	7	10	7	13	7	15	7	18
78	6	58	7	0	7	2	7	4	7	7
80	6	48	6	50	6	52	6	54	6	56
82	6	39	6	41	6	42	6	43	6	45
84	6	30	6	31	6	32	6	33	6	34
86	6	21	6	22	6	22	6	22	6	24
88	6	12	6	12	6	13	6	13	6	14
90	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
92	5	54	5	54	5	54	5	53	5	53
94	5	45	5	45	5	44	5	44	5	43
96	5	36	5	35	5	35	5	34	5	33
98	5	27	5	26	5	25	5	23	5	22
100	5	18	5	17	5	15	5	13	5	11
102	5	9	5	7	5	5	5	3	5	0
104	4	59	4	57	4	54	4	52	4	49
106	4	49	4	46	4	45	4	41	4	38
108	4	39	4	36	4	33	4	29	4	26
110	4	28	4	25	4	21	4	17	4	13
112	4	17	4	13	4	9	4	4	4	0
114	4	5	4	1	3	56	3	51	3	46

Digitized by Google

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen.									
	53°		54°		55°		56°		57°	
66°	8h	30′	8h	36′	8h	43′	8h	51′	8h	59′
68	8	14	8	20	8	26	8	32	8	39
70	8	0	8	5	8	10	8	15	8	21
72	7	46	7	51	7	55	8	0	8	5
74	7	33	7	37	7	41	7	45	7	49
76	7	21	7	24	7	28	7	31	7	35
78	7	9	7	12	7	15	7	18	7	21
80	6	58	7	0	7	2	7	5	7	7
82	6	47	6	48	6	50	6	52	6	54
84	6	36	6	37	6	38	6	40	6	41
86	6	25	6	26	6	27	6	28	6	29
88	6	14	6	15	6	15	6	16	6	16
90	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
92	5	53	5	53	5	52	5	52	5	52
94	5	42	5	42	5	41	5	40	5	39
96	5	31	5	30	5	29	5	28	5	27
98	5	21	5	19	5	17	5	16	5	14
100	5	10	5	8	5	5	5	3	5	1
102	4	58	4	56	4	53	4	51	4	48
104	4	47	4	44	4	41	4	37	4	34
106	4	34	4	31	4	27	4	24	4	20
108	4	22	4	18	4	14	4	9	4	5
110	4	9	4	4	3	59	3	54	3	39
112	3	55	3	50	3	44	3	38	3	31
114	3	40	3	54	3	27	3	20	3	13

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen.									
	58°		59°		60°		61°		62°	
66°	9h	8′	9h	18′	9h	29′	9h	42′	9h	57′
68	8	47	8	55	8	4	9	14	9	25
70	8	28	8	35	8	42	8	50	8	59
72	8	10	8	16	8	22	8	29	8	37
74	7	54	7	59	8	4	8	10	8	16
76	7	39	7	43	7	47	7	52	7	57
78	7	24	7	27	7	31	7	35	7	39
80	7	10	7	13	7	16	7	19	7	22
82	6	56	6	58	7	1	7	3	7	6
84	6	43	6	44	6	46	6	48	6	50
86	6	30	6	31	6	32	6	33	6	35
88	6	17	6	17	6	18	6	19	6	20
90	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
92	5	51	5	51	5	50	5	50	5	49
94	5	38	5	37	5	36	5	35	5	34
96	5	25	5	24	5	22	5	21	5	19
98	5	12	5	10	5	8	5	6	5	3
100	4	59	4	56	4	53	4	50	4	47
102	4	45	4	42	4	38	4	35	4	31
104	4	30	4	27	4	23	4	18	4	13
106	4	15	4	11	4	6	4	1	3	55
108	4	0	3	54	3	48	3	42	3	35
110	3	43	3	36	3	29	3	22	3	14
112	3	24	3	17	3	9	3	0	2	50
114	3	5	2	55	2	45	2	34	2	21

Halbe Dauer des natürlichen Tags.

Poldistanz	Polhöhen.							
	63°		64°		65°		66°	
66°	10h	15′	10h	38′	11h	13′	—	—
68	9	38	9	53	10	12	10	35
70	9	10	9	21	9	34	9	41
72	8	45	8	54	9	4	9	16
74	8	23	8	30	8	38	8	48
76	8	3	8	9	8	15	8	23
78	7	44	7	49	7	54	8	0
80	7	26	7	30	7	34	7	39
82	7	9	7	12	7	15	7	19
84	6	52	6	55	6	57	7	0
86	6	36	6	38	6	40	6	41
88	6	20	6	21	6	22	6	23
90	6	0	6	0	6	0	6	0
92	5	49	5	48	5	48	5	47
94	5	33	5	32	5	31	5	29
96	5	17	5	15	5	13	5	11
98	5	1	4	58	4	55	4	52
100	4	44	4	40	4	37	4	32
102	4	27	4	22	4	17	4	12
104	4	8	4	3	3	56	3	50
106	3	49	3	42	3	35	3	27
108	3	28	3	20	3	11	3	0
110	3	5	2	55	2	43	2	30
112	2	38	2	25	2	10	1	52
114	2	7	1	49	1	26	—	—

L.

Tagbogen.

Arcus diurnus; Arc diurne; *Diurnal arc.*

So wird die Zeit genannt, die ein Gestirn über dem Horizonte des Beobachters zubringt. Der Anfang dieser Zeit wird der *Aufgang*, die Mitte die *Culmination* und das Ende derselben der *Untergang* des Gestirns genannt. Wenn man also die Zeit der Culmination und den Tagbogen eines Gestirns kennt, so erhält man auch sofort die Zeit seines Auf- und Untergangs, indem man von der Culmination für den Aufgang den halben Tagbogen subtrahirt, für den Untergang aber zu ihr addirt.

I. Um zuerst die wahre Sonnenzeit T der Culmination eines Gestirns zu finden, sey a und A die Rectascension des Gestirns und der Sonne für den Mittag des gegebenen Tags und ∂a, ∂A die täglichen Aenderungen dieser Gröfsen, alles in Zeit oder so ausgedrückt, dafs 24 Stunden gleich 360 Graden, also eine Stunde gleich 15 Graden ist. Dieses vorausgesetzt hat man für die gesuchte Zeit T die Rectascension des Gestirns gleich $a + T . \frac{\partial a}{24}$ und die Rectascension der Sonne gleich $A + T . \frac{\partial A}{24}$. Die Differenz dieser beiden letztern Gröfsen ist aber, da für diese Zeit T das Gestirn eben durch den Meridian geht, gleich dem Stundenwinkel der Sonne, d. h. gleich der gesuchten wahren Sonnenzeit T, so dafs man daher hat

$$T = a + \tfrac{1}{24} . T . \partial a - A - \tfrac{1}{24} . T . \partial A,$$

woraus man für den gesuchten Werth von T erhält

$$T = \frac{a - A}{1 + \frac{1}{24}(\partial A - \partial a)}.$$

Geht das Gestirn, z. B. der Planet in seiner eigenen Bewegung von Ost gen West oder rückwärts, so ist ∂a negativ, und für Fixsterne, die keine eigene Bewegung haben, ist ∂a gleich Null. Einfacher wird diese Aufgabe, wenn man nicht die Sonnenzeit, sondern die Sternzeit der Culmination eines Gestirns sucht, da diese Sternzeit der Culmination nichts anderes,

als die Rectascension des Gestirns selbst ist. Wie man aber dann aus der gefundenen Sternzeit der Culmination die mittlere Zeit derselben finden kann, ist im Artikel *Sternzeit* gezeigt worden.

II. Um nun auch den zweiten Theil der hierher gehörenden Aufgabe aufzulösen oder um den halben Tagbogen, den wir S nennen wollen, zu bestimmen, so hat man, wenn s den Stundenwinkel, p die Distanz des Gestirns vom Nordpole des Aequators und z die Distanz desselben von dem Pole des Horizonts oder vom Zenith bezeichnet,

$$\text{Cos.}\, z = \text{Cos.}\, p\, \text{Sin.}\, \varphi + \text{Sin.}\, p\, \text{Cos.}\, \varphi\, \text{Cos.}\, s,$$

wo φ die Polhöhe des Beobachtungsortes ist. Wenn das Gestirn im Horizonte ist oder eben auf- oder untergeht, so ist der Stundenwinkel s gleich dem halben Tagbogen S, und da für diesen Fall $z = 90°$ ist, so hat man

$$\text{Cos.}\, S = -\frac{\text{Tang.}\, \varphi}{\text{Tang.}\, p} \quad \ldots \text{(I)}$$

oder auch

$$\text{Cos.}\,(180° - S) = \frac{\text{Tang.}\, \varphi}{\text{Tang.}\, p}$$

und durch diese Gleichung wird der halbe Tagbogen S bestimmt. Will man dabei auf die Refraction und auf die Aenderung der Poldistanz des Gestirns, so wie auf den Halbmesser desselben Rücksicht nehmen, so wird man nach den Vorschriften verfahren, die schon oben[1] mitgetheilt worden sind. Hier bemerken wir nur, daſs die letzte Gleichung den Quadranten nie zweifelhaft läſst, in welchem man die Gröſse S zu nehmen habe. Da nämlich S immer kleiner als $180° = 12^h$ seyn muſs, so fällt in der Gleichung

$$\text{Cos.}\, S = -\frac{\text{Tang.}\, \varphi}{\text{Tang.}\, p}$$

die Gröſse S in den ersten oder in den zweiten Quadranten, wenn Cos. S positiv oder negativ ist.

In dieser Gleichung ist der halbe Tagbogen S von der Polhöhe, wie aus der Natur der Sache folgt, und auſserdem von der Poldistanz des Gestirns abhängig. Man kann ihn aber

1 S. Art. *Stundenkreis*. Bd. VIII. S. 1226.

auch von der Länge oder von der Rectascension des Gestirns abhängig machen, was besonders bei der Sonne für manche Untersuchungen sehr bequem seyn wird. Ist nämlich α die Rectascension, λ die Länge der Sonne und e die Schiefe der Ekliptik, so hat man

$$\text{Tang. p} = \frac{1}{\text{Tang. e Sin.}\alpha}$$

und daher auch

$$\text{Cos. S} = -\text{Tang. e Tang.}\varphi\text{. Sin.}\alpha \text{ . . (II)}$$

Ferner hat man Tang. α = Cos. e Tang. λ, wodurch die letzte Gleichung in folgende übergeht

$$\text{Cos. S} = -\frac{\text{Sin. e Tang.}\varphi\text{. Tang.}\lambda}{\sqrt{1+\text{Cos.}^2\text{e Tang.}^2\lambda}}\text{, . . (III)}$$

wo in (II) die Gröfse S von α und in (III) von λ abhängig erscheint.

III. Nennt man ebenso S′ den halben *Nachtbogen* eines Gestirns oder die Hälfte der Zeit, die dasselbe unter dem Horizonte verweilt, so hat man, da S′ das Complement zu 180° von S ist,

$$\text{Cos. S}' = \frac{\text{Tang.}\varphi}{\text{Tang. p}} \text{ . . (IV)}$$

Giebt man in den beiden Gleichungen (I) und (IV) der Gröfse (90°—p) gleiche, aber entgegengesetzte Werthe, so hat man Cos. (180° — S) = — Cos. S′ oder S = S′, d. h. der Tagbogen der Sonne für jeden Ort der Erdoberfläche im Sommer ist gleich dem ihm entsprechenden Nachtbogen im Winter. So ist z. B. der längste Tag im Sommer für jeden Ort gleich der längsten Nacht im Winter. Giebt man ebenso, ohne p zu ändern, der Gröfse φ gleiche, aber entgegengesetzte Werthe, so erhält man ebenfalls S = S′, d. h. für zwei vom Aequator zu beiden Seiten desselben gleich weit entfernte Beobachter ist der Tagbogen des einen gleich dem Nachtbogen des andern. So hat z. B. der eine den kürzesten Tag, wenn der andere die kürzeste Nacht hat; der eine hat Sommer, wenn der andere Winter hat. Man nennt die Bewohner desselben Meridians unter gleichen, aber entgegengesetzten Breiten *Perioeci*, die Bewohner desselben Parallelkreises, aber unter entgegengesetzten Meridianen, *Antoeci* und endlich die einander diametral gegenüberstehenden Beobachter *Antipoden*. Die

Perioeci haben gleiche Tageszeiten, aber entgegengesetzte Jahreszeiten; die Antoeci haben gleiche Jahreszeiten, aber entgegengesetzte Tageszeiten, und die Antipoden haben entgegengesetzte Jahres- und Tageszeiten.

IV. Um die Zeit t zu finden, die der Halbmesser r der Sonne braucht, durch einen gegebenen *Almucantharat*[1] zu gehn, so hat man, wenn man die obigen Bedeutungen von p, s, φ und z beibehält, für das Verhältnifs der Differentiale von z und s

$$\frac{\partial z}{\partial s} = \text{Sin.}\,\omega\,\text{Cos.}\,\varphi,$$

wo ω das *Azimuth* des Gestirns ist. Setzt man aber $\partial z = r$ und bezeichnet T die Uhrzeit, die zwischen den zwei nächsten Culminationen der Sonne verflossen ist, so hat man

$$t = \frac{T\,r}{360 \,.\, 60^2\, \text{Sin.}\,\omega\, \text{Cos.}\,\varphi}.$$

Nennt man ν den Winkel des Verticalkreises mit dem Declinationskreise des Gestirns, so hat man auch

$$\text{Sin.}\,\omega\, \text{Cos.}\,\varphi = \text{Sin.}\,p\, \text{Sin.}\,\nu$$

und daher

$$t = \frac{T\,r}{360 \,.\, 60^2\, \text{Sin.}\,p \,.\, \text{Sin.}\,\nu} \quad \ldots \quad (V)$$

Für diese Gröfse ν hat man auch

$$\text{Sin.}\,\nu = \frac{\text{Sin.}\,s\, \text{Cos.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,z}$$

und

$$\text{Cos.}\,\nu = \frac{\text{Sin.}\,\varphi - \text{Cos.}\,p\, \text{Cos.}\,z}{\text{Sin.}\,p\, \text{Sin.}\,z},$$

wo für solche Sterne, die wie die Sonne für uns südlich vom Zenith culminiren, der Winkel ν immer kleiner als 90° ist.

Ist jener Almucantharat der Horizont, so ist $z = 90°$, und daher die letzte Gleichung

$$\text{Cos.}\,\nu = \frac{\text{Sin.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,p},$$

also auch die Zeit t des Auf- oder Untergangs des Sonnenhalbmessers r gleich

---

1 S. d. Art. in Bd. I. S. 284.

$$t = \frac{Tr}{360 . 60^2 \sqrt{\text{Sin.}^2 p - \text{Sin.}^2 \varphi}}$$

oder bequemer zur Rechnung

$$t = \frac{Tr}{360 . 60^2 \sqrt{\text{Sin.} (p + \varphi) \text{ Sin.} (p - \varphi)}} \; . \; . \text{(VI)}$$

Diese Gleichung zeigt, dafs für dieselbe Polhöhe diese Zeit t am kleinsten ist, wenn $p = 90^\circ$, d. h. zur Zeit der Aequinoctien, wo die Sonne in Aequator steht. Für $p = \varphi$ aber wird t unendlich grofs. Dann geht nämlich der Halbmesser der Sonne gar nicht auf oder unter, so lange p diesen Werth hat.

V. Die vorhergehende einfache Gleichung (I) oder

$$\text{Cos. } S = - \text{ Tang. } \varphi \text{ Cotg. } p$$

giebt nicht nur den halben Tagbogen und dadurch die Zeit des Auf- und Untergangs der Gestirne, sondern sie enthält zugleich die Auflösung aller Probleme, die man über diesen Gegenstand aufstellen kann. Wir wollen die vorzüglichsten derselben kurz anzeigen.

A. Zuerst ist klar, dafs für $p < 90^\circ$ die Gröfse $S > 90^\circ$ ist und umgekehrt, d. h. dafs Sterne über dem Aequator (für uns Bewohner der nördlichen Hemisphäre) länger über, als unter dem Horizonte verweilen, und dafs Sterne unter dem Aequator oder mit südlichen Declinationen länger unsichtbar, als sichtbar seyn müssen. Für $p = 90^\circ$ wird auch $S = 90^\circ$, oder Sterne im Aequator bleiben für alle Orte der Erde ebenso lange über als unter dem Horizonte.

B. Ist $p = \varphi$, so ist $S = 180^\circ$ oder das Gestirn geht nicht mehr auf und unter, sondern berührt nur in seiner Culmination den Horizont. Für die Sonne ist dieses der Anfang und das Ende der Jahreszeit, wo die Sonne immer über dem Horizonte bleibt, und zwar so lange, als $p < \varphi$ ist. Da die Schiefe e der Ekliptik 23° 28′ beträgt, so ist die Poldistanz p der Sonne immer zwischen den Grenzen

$$90^\circ - e = 66^\circ\, 32'$$

und

$$90^\circ + e = 113^\circ\, 28'$$

enthalten. Die Bewohner der Erde, für welche die Sonne nur einen Tag im Jahre nicht auf- und nur einen nicht untergeht,

Digitized by Google

haben eine nördliche oder südliche Polhöhe von $(90 - e)$ Graden, und sie sind die Bewohner der beiden *Polarkreise.* Für die innerhalb der Polarkreise wohnenden Menschen ist die kleinste mittägige Zenithdistanz z der Sonne

$$z = \varphi - e,$$

also desto grösser, d. h. die Sonne steht selbst mitten im Sommer für jene Gegenden desto tiefer, je grösser die Breite φ oder je näher der Beobachter selbst am Pole wohnt. Für den Polarkreis ist $\varphi = 90° - e$, also $z = 90° - 2e = 43° 4'$, und für den Pol selbst ist $\varphi = 90°$, also $z = 90° - e = 66° 32'$.

C. Bekanntlich wird der von den Wendekreisen eingeschlossene Gürtel die *heifse Zone*, der von den Polarkreisen begrenzte Raum die *kalte Zone* und endlich der zwischen den Polar- und Wendekreisen liegende Theil der Erdoberfläche die *gemäfsigte Zone* genannt.

Nur die kalten Zonen haben solche Jahreszeiten, wo die Sonne für sie längere Zeit hindurch nicht auf oder nicht untergeht. Für den Anfang und das Ende dieser Zeit hat man die einfache Gleichung

$$p = \varphi \ . \ . \ . \ (VII),$$

wo für $p < \varphi$ die Sonne für jene Gegenden in ihrem Sommer nicht mehr untergeht und für $p > \varphi$ im Winter nicht mehr aufgeht. Nennt man λ die Länge der Sonne, so hat man allgemein

$$\text{Sin.}\,\lambda = \frac{\text{Cos.}\,p}{\text{Sin.}\,e},$$

also findet man auch die Länge λ der Sonne für den Anfang und das Ende der langen Nacht jener Gegenden durch die Gleichung

$$\text{Sin.}\,\lambda = \frac{\text{Cos.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,e} \ . \ . \ (VIII)$$

Ist z. B. $\varphi = 90°$, so ist nach (VII) auch $p = 90°$, also ist, für die Pole selbst, der Anfang und das Ende jener Zeit der 21ste März und der 22ste September oder unter den Polen ist ein halbes Jahr Tag und ebenso lange Nacht.

Für $\varphi = 80°$ ist $p = 80°$, also geht für diesen Parallelkreis die Sonne vom 15ten April bis 27sten August in der nördlichen kalten Zone nicht unter und in der südlichen nicht auf.

Für $\varphi = 66° 32'$ oder für die Bewohner der Polarkreise ist auch $p = 66° 32'$ oder hier geht die Sonne im Jahre blofs

an einem Tage, am 21. Juni, in der nördlichen Hemisphäre nicht unter und in der südlichen nicht auf.

Kleinere Werthe von φ, als 66° 32′, geben endlich, nach der Gleichung (VII), unmögliche Werthe von p, und ebenso folgt aus der Gleichung (VIII), dafs für $\varphi < 90° - e$, das heifst für $\varphi < 66° 32'$, die Werthe von Sin. λ imaginär werden, zum Zeichen, dafs für die Bewohner der gemäfsigten und der heifsen Zone keine Zeit im Jahre ist, wo ihnen die Sonne nicht auf- oder untergeht, wie bekannt.

D. Ganz anders würden sich diese Erscheinungen verhalten, wenn die Schiefe der Ekliptik stark von derjenigen verschieden wäre, die sie jetzt ist. Für $e = 0$ z. B. fiele die Ekliptik mit dem Aequator zusammen und die Poldistanz der Sonne wäre durch das ganze Jahr gleich 90 Graden, also würde auch ihre Länge jeden Augenblick mit ihrer Rectascension zusammenfallen. Für diesen Fall giebt die Gleichung (I)

$$S = 90°$$

oder für $e = 0$ würde an allen Orten der Erde durch das ganze Jahr Tag und Nacht von gleicher Länge seyn. Wäre aber $e = 90°$ oder stände die Ekliptik senkrecht auf dem Aequator, wie dieses z. B. nach Herschel's Beobachtungen bei dem Planeten Uranus der Fall seyn soll, so würde die obige Gleichung

$$\text{Sin.}\,\lambda = \frac{\text{Cos.}\,p}{\text{Sin.}\,e}$$

in die folgende übergehen

$$\lambda = 90 - p$$

oder die Länge der Sonne würde durch das ganze Jahr identisch mit der Declination derselben seyn.

Noch mufs zur Gleichung (VIII) bemerkt werden, dafs man, um durch sie den Anfang und das Ende jener Zeit zu finden, wo die Sonne für einen gegebenen Parallelkreis der kalten Zone nicht mehr auf- oder untergeht, auf die Refraction r und auf den Halbmesser Δ der Sonne Rücksicht nehmen mufs, so dafs man eigentlich haben wird

$$\text{Sin.}\,\lambda = \frac{\text{Cos.}\,(\varphi + r + \Delta)}{\text{Sin.}\,e}$$

für den Anfang der Zeit, wo die Sonne immer über dem Horizonte bleibt, und

$$\text{Sin.}\,\lambda = -\frac{\text{Cos.}\,(\varphi - r - \Delta)}{\text{Sin.}\,e}$$

Digitized by Google

für den Anfang der Zeit, wo die Sonne für jenen Parallelkreis nicht mehr aufgeht. Man sieht daraus, dafs die Refraction und der Halbmesser der Sonne für die Bestimmung jener Zeiten dieselben Wirkungen haben, als ob die geographische Breite um $(r+\Delta)$ verkleinert worden wäre.

VI. Nachdem wir im Vorhergehenden die Zeit des Auf- oder Untergangs der Gestirne bestimmt haben, sollten wir nun auch den Ort im Horizonte bestimmen, in welchem sie auf- oder untergehn. Man nennt die Entfernung dieses Orts vom Meridiane, im Horizonte gezählt, die *Morgen-* und *Abendweite* (*amplitudo ortiva et occidua*). Man gebraucht dieselbe vorzüglich zur See bei der Bestimmung der Declination der Magnetnadel. Die dazu nöthigen Ausdrücke sind aber schon oben[1] selbst mit der hier zu berücksichtigenden Wirkung der Refraction mitgetheilt worden.

Zum Schlusse dieses Gegenstandes wollen wir die Auflösung eines mit ihm verwandten Problems mittheilen, das auch bei vielen anderen Untersuchungen von grofsem Nutzen ist. Man suche die vollständige Aenderung der Zenithdistanz z eines Gestirns für eine gegebene Zwischenzeit. Nennt man ∂z die Aenderung der Zenithdistanz und ∂s die Aenderung des Stundenwinkels oder die gegebene Zwischenzeit, so hat man nach dem bekannten Taylor'schen Lehrsatze für die gesuchte veränderte Zenithdistanz z' den folgenden Ausdruck:

$$z' = z + \left(\frac{\partial z}{\partial s}\right)\partial s + \left(\frac{\partial^2 z}{\partial s^2}\right)\cdot\frac{\partial s^2}{1.2} + \left(\frac{\partial^3 z}{\partial s^3}\right)\cdot\frac{\partial s^3}{1.2.3} + \ldots,$$

wo $\left(\frac{\partial z}{\partial s}\right)$; $\left(\frac{\partial^2 z}{\partial s^2}\right)$ .. die ersten, zweiten ...... Differentialquotienten der Gröfse z in Beziehung auf s sind, vorausgesetzt, dafs die Declination des Gestirns während dieser Zwischenzeit als unveränderlich betrachtet werden kann. Differentiirt man nun die erste der oben (II.) gegebenen Gleichungen

$$\text{Cos.}\, z = \text{Cos.}\, p\ \text{Sin.}\, \varphi + \text{Sin.}\, p\ \text{Cos.}\, \varphi\ \text{Cos.}\, s$$

in Beziehung auf z und s, und setzt man der Kürze wegen

$$m = \frac{\text{Sin.}\, p\ \text{Cos.}\, \varphi}{\text{Sin.}\, z} . \text{Sin.}\, s \text{ und } n = m\ \text{Cotg.}\, s,$$

so erhält man sofort

---

1 S. Art. *Morgenweite*. Bd. VI. S. 2460.

Digitized by Google

$$\left(\frac{\partial z}{\partial s}\right) = m$$

und

$$\left(\frac{\partial m}{\partial s}\right) = n - m^2 \text{ Cotg. } z,$$

$$\left(\frac{\partial n}{\partial s}\right) = - m - m n \text{ Cotg. } z,$$

also auch

$$\left(\frac{\partial^2 z}{\partial s^2}\right) = n - m^2 \text{ Cotg. } z,$$

$$\left(\frac{\partial^3 z}{\partial s^3}\right) = \left(\frac{\partial n}{\partial s}\right) - 2m \left(\frac{\partial m}{\partial s}\right) \text{Cotg. } z + \frac{m^2}{\text{Sin.}^2 z} \cdot \left(\frac{\partial z}{\partial s}\right)$$

oder wenn man in der letzten Gleichung die vorhergehenden Werthe von $\frac{\partial m}{\partial s}$, $\frac{\partial n}{\partial s}$ und von $\frac{\partial z}{\partial s}$ substituirt,

$$\left(\frac{\partial^3 z}{\partial s^3}\right) = m^3 (1 + 3 \text{ Cotg.}^2 z) - 3 m n \text{ Cotg. } z - m.$$

Fährt man so fort, so erhält man, wenn man $\Theta = \text{Cotg. } z$ setzt und bis zu den fünften Potenzen von ∂s fortgeht, was für alle Fälle genügt, folgenden Endausdruck, der die Auflösung des gegebenen Problems enthält:

$$\begin{aligned} z' = z &+ m \partial s + (n - m^2 \Theta) \frac{\partial s^2}{1.2} \\ &+ (m^3 - m - 3 m n \Theta + 3 m^3 \Theta^2) . \frac{\partial s^3}{1.2.3} \\ &+ [6 m^2 n - n + (4 m^2 - 3 n^2 - 9 m^4) \Theta \\ &\qquad + 18 m^2 n \Theta^2 - 15 m^4 \Theta^3] . \frac{\partial s^4}{1.2.3.4} \\ &+ [15 m n^2 - 10 m^3 + 9 m^5 + m \\ &\quad + (15 m n - 90 m^3 n) \Theta \\ &\quad + (45 m n^2 - 30 m^3 + 90 m^5) \Theta^2 \\ &\quad - 150 m^3 n \Theta^3 + 105 m^5 \Theta^4] \frac{\partial s^5}{1.2.3.4.5} + \ldots \end{aligned}$$

Eine der wichtigsten Anwendungen dieses Ausdrucks ist die bei der Beobachtung der Höhen der Gestirne in der Nähe des Meridians, um daraus die *Polhöhe* des Beobachtungsortes zu finden[1]. Ist nämlich z die beobachtete und z' die gesuchte

1 S. Art. *Circummeridianhöhen*. Bd. II. S. 112.

mittägige Höhe des Gestirns, so wird man in dem Vorhergehenden nur die Gröfse s, also auch m gleich Null setzen, wodurch n in

$$n = \frac{\text{Sin. p Cos.} \varphi}{\text{Sin. z}}$$

übergeht, und man wird für die gesuchte Reduction $\partial z = z' - z$ der beobachteten Höhe auf die mittägige Höhe den Ausdruck erhalten

$$\partial z = -n \frac{\partial s^2}{1.2} + n(1 + 3n\Theta) \frac{\partial s^4}{1.2.3.4}$$

$$-n[1 + 15n(n + \text{Cotg. } z + 3n\,\text{Cotg.}^2 z] \cdot \frac{\partial s^6}{1.2.3.4.5.6} + \ldots$$

von welchem gewöhnlich schon das erste, in allen Fällen aber die beiden ersten Glieder genügen.

L.

Tantal.

Columbium; *Tantalum;* Tantale; *Tantalum.*

Ein sehr seltenes, von Hatchett und Eckeberg entdecktes, im Tantalit und Yttrotantalit vorkommendes Metall; sehr strengflüssig und nach Children röthlich gelb und sehr spröde.

Es bildet mit Sauerstoff die *tantalige Säure* (184 Tantal auf 16 Sauerstoff), stahlgrau und unlöslich, und die *Tantalsäure* (184 Tantal auf 24 Sauerstoff), welche ein weifses, geschmackloses, Lakmus nicht röthendes Pulver darstellt, mit Wasser ein weifses Hydrat bildet, sich nur in wenigen Säuren und nur in geringer Menge löst und mit Alkalien unkrystallinische, zum Theil in Wasser lösliche Verbindungen eingeht.

Das *Fluor-Tantal* ist eine weifse Masse; das *Chlor-Tantal* ein gelbweifses Mehl; das *Schwefel-Tantal* eine graue, feinkörnige, zart anzufühlende Masse.

G.

Digitized by Google

Tartrimeter.

Dieser Apparat ist einer von den zahlreichen, die von den Chemikern in Vorschlag gebracht worden sind, um die Menge der in einer Auflösung enthaltenen Salze oder der in Flüssigkeiten befindlichen Substanzen zu messen. Sie sind meistens zum praktischen Gebrauche bestimmt, nach den zu messenden Substanzen mit Hülfe der griechischen, mitunter auch lateinischen Nomenclatur benannt, und beruhen auf verschiedenen, leicht aufzufindenden physikalischen Gesetzen. Nur mit grofser Mühe würde eine vollständige Aufsuchung aller dieser angegebenen Werkzeuge zu bewerkstelligen seyn, und eine genaue Beschreibung derselben wäre in unserem Werke um so weniger am rechten Orte, als sie fast sämmtlich in das Gebiet der praktischen Chemie gehören. Es wird daher genügen, bei dieser Gelegenheit einige derselben blofs zu nennen und ihre Bestimmung, die nicht allezeit aus ihrem Namen unmittelbar zu entnehmen ist, anzugeben; verschiedene der zahllosen Mefswerkzeuge ähnlicher Art sind ohnehin bereits in einzelnen Artikeln, als *Anthrakometer*, *Galaktometer* u. s. w. oder gelegentlich genannt und beschrieben worden. Das Tartrimeter[1] ist dazu bestimmt, die Menge des in einer Auflösung enthaltenen Weinsteins zu messen; das ihm ähnliche *Alkalimeter* giebt die Menge des aufgelösten Alkali an, so wie das *Acetimeter* die Menge vorhandener Essigsäure. Letzteres ist von Decroizilles angegeben, so wie das *Bertholimeter* zur Prüfung der Javellischen Lauge (an Kali und Wasser gebundenes Chlor nach Berthollet), welches dem *Chlorometer* von Henry und Plisson oder von Gay-Lüssac ähnlich ist. Das *Millilitrimeter*, eine Art *Alkoholometer*, ist gleichfalls von Decroizilles angegeben, und so giebt es sogar zu gleichen Zwekken bestimmte Werkzeuge von verschiedenen Namen, von oft nur wenig von einander abweichender Construction[2].

M.

---

1 Journ. de Pharmacie. 1824. Fevr. p. 98.

2 Die genannten findet man beschrieben in: Laboratorium. Heft XXXVIII. Taf. CL. Heft XXXIX. Taf. CLV., in welchem Werke man alle Apparate dieser Art fast vollständig findet.

Digitized by Google

Taucherglocke.

Campana urinatoria; Cloche du Plongeur; *Diving Bell.*

Die Taucherglocke ist gegenwärtig ein rein technischer Apparat; allein nach der früheren Behandlung der Physik diente sie als Beweis des Vorhandenseyns der Luft und ihres Widerstandes gegen Wasser, weswegen ein kleines Modell einer solchen Glocke, aus Glas und mit Bleigewichten versehen, um dadurch unter das Wasser herabgezogen zu werden, meistens als wesentlicher Apparat der physikalischen Cabinette betrachtet wurde. Obgleich gegenwärtig dieser Beweis als überflüssig betrachtet wird, so ist doch so oft von Phänomenen die Rede, welche namentlich Halley und auch Andere unter Taucherglocken wahrgenommen haben, daſs eine Beschreibung dieses Apparates hier nicht fehlen darf.

Die Kunst des Tauchens, namentlich um die Perlen aus dem Meere heraufzuholen, ist sehr alt und man war daher schon früh darauf bedacht, die Taucher durch einen Behälter mit Luft in den Stand zu setzen, länger unter dem Wasser zu verweilen. Von einem solchen Apparate redet schon Aristoteles[1], allein es ist ungewiſs, ob unter demselben eine eigentliche Taucherglocke oder bloſs eine *Taucherkappe* zu verstehn sey. Von den letzteren, die bloſs den Kopf umgaben und mit einer auf die Oberfläche des Wassers hinaufgehenden Röhre versehn waren, soll schon in den ältesten Ausgaben des Vegetius vom Jahre 1511 die Rede seyn, wo auch eine Abbildung durch den Herausgeber beigefügt ist[2]; später erfand auch Halley eine kleinere Kappe, die für einige Minuten Luft faſste, über den Kopf gedeckt wurde und durch ein dichtes, biegsames Rohr mit der Glocke in Verbindung stand. Vermuthlich blieb die Taucherglocke bei den Griechen stets bekannt, denn Schott[3] berichtet nach einer Er-

1 Problemata. XXX. §. 5.
2 Busch Handbuch d. Erfindungen. Th. XII. S. 88.
3 Technica curiosa. L. VI. c. 9. p. 393.

Digitized by Google

zählung des TAISNIER[1], dafs in dessen Beiseyn und in Gegenwart Kaisers CARL V. nebst mehr als 10000 Zuschauern zwei Griechen sich in einem umgekehrten Kessel in das Wasser hinabliefsen und ein mitgenommenes brennendes Licht wieder herausbrachten. In England wandte man dieselbe bald nachher zu technischen Zwecken an, indem BACO[2] sie an verschiedenen Stellen genau beschreibt. Als im Jahre 1588 mehrere Schiffe der unüberwindlichen Flotte (der sogenannten *Armada*) an den englischen Küsten gescheitert waren und mit ihnen zugleich grofse Schätze versunken seyn sollten, bemühte man sich, mit einer durch SINCLAIR[3] beschriebenen Taucherglocke diese heraufzuholen, und brachte auch im J. 1665 einige Kanonen neben der Insel Mull an der Westküste Schottlands empor, deren Werth jedoch die aufgewandten Kosten selbst dann kaum deckte, als 1688 noch einige Kostbarkeiten hinzukamen. WILLIAM PHIPPS, ein Americaner, erhielt 1783 von CARL II. ein Schiff, um ein bei der Insel Hispaniola gesunkenes reiches spanisches Schiff heraufzuholen, allein die Unternehmung misslang, JACOB II. wollte ihn nicht wieder unterstützen, jedoch brachte er durch Actien, wobei der Herzog von ALBEMARLE vorzüglich interessirt war, eine neue Expedition zu Stande, und es gelang ihm, 1688 einen Werth von 200000 Lstl. heraufzubringen. Dieses hatte zur Folge, dafs sich in England verschiedene Gesellschaften ein Privilegium zum Tauchen an bestimmten Küsten geben liefsen, unter denen diejenige am bedeutendsten war, an deren Spitze der Herzog von ARGYLE stand. Sie fanden viele Schätze, allein ohne bedeutenden reinen Gewinn[4].

Man hat verschiedene Arten von Kasten angegeben, in denen sich die Taucher aufhalten, oder Hüllen, mit denen sie sich umgeben, um aus diesen während des Aufenthalts

---

1 Opuscula de motu celerrimo.

2 Novum Organon. L. II. §. 50. in Opp. lat. transl. Lips. 1694. fol. p. 408. Phaenomena universi. ib. p. 707.

3 G. SINCLARI ars nova et magna gravitatis et levitatis. Roterod. 1669. 4. p. 220. SINCLAIR wird daher mit Unrecht für den Erfinder gehalten, z. B. von PASCHIUS in Inventa nov-antiqua. Lips. 1700. 4. p. 650. von LEUPOLD Theat. stat. univ. P. III. p. 242.

4 MARTIN Description of the Western Islands. 1716. 8. CAMPBELL Political Survey of Britain. 1774. 4.

Digitized by Google

unter dem Wasser die erforderliche Luft zu schöpfen. Am vollständigsten sind diese älteren Apparate durch Leupold[1] beschrieben worden, unter andern die von Lorini[2] erwähnte, aus einem viereckigen, mit Eisen beschlagenen Kasten bestehend, welcher an der einen Seite ein Fenster und unten einen Schemel für den Taucher hatte. Beschreibungen der Taucherglokken und Anweisungen zu ihrem Gebrauche finden sich ferner bei Nicolaus Witsen[3], desgleichen bei Borelli[4], doch zeigte Jac. Bernoulli[5] die Unausführbarkeit des einen von ihm gemachten Vorschlags; auch hat Sturm[6] Verbesserungen der durch Sinclair beschriebenen Maschine vorgeschlagen.

Die einfache Aufgabe, sich unter einem umgestürzten, hinlänglich grofsen und zum Untersinken genügend beschwerten Kasten in das Meer herabzulassen, ist leicht zu lösen, allein es zeigen sich bei der Ausführung bedeutende Schwierigkeiten. Beim Herabsinken eines solchen Kastens wird die darin enthaltene Luft durch die umgebenden Wassersäulen zusammengedrückt, da ungefähr 32 Fufs Wasserhöhe dem Drukke einer Atmosphäre gleich ist und daher in einer Tiefe von 32 Fufs das Volumen der eingeschlossenen Luft schon auf die Hälfte, bei 64 Fufs aber auf $\frac{1}{3}$ herabgeht. Ist überhaupt p die Höhe einer Wassersäule, deren Druck dem der atmosphärischen Luft im Niveau des Meeres gleichkommt, p′ die Tiefe, bis zu welcher der Apparat hinabsinkt, so ist die Elasticität und Dichtigkeit D der eingeschlossenen Luft

$$D = \frac{p + p'}{p}$$

und ihr Volumen

$$V = \frac{p}{p + p'}.$$

Wird daher eine Taucherglocke etwa 100 Fufs tief herabgelassen, so beträgt der Raum, den die Luft in ihr einnimmt,

1 Theatrum pontificiale. Leips. 1726. Cap. II. Taf. I bis III.

2 Le fortificationi di Bonnaiuto Lorini. In Venetia 1609. fol.

3 Sheeps-Bouw beschreven door N. Witsen. Amst. 1671. fol. p. 288.

4 De motu animalium L. B. 1710. p. 232.

5 Acta Erud. Lips. 1683. p. 553.

6 Colleg. curios. Norimb. 1678. 4.

weniger als den dritten Theil des ursprünglichen und die Taucher stehen daher so tief im Wasser, daſs es für sie unmöglich ist, gehörig zu arbeiten. Dazu kommt das Verderben der eingeschlossenen Luft durch die exspirirte Kohlensäure; denn da ein erwachsener Mensch in einer Stunde ungefähr 5,55 Par. Kub.-Fuſs Luft ihres Gehalts an Sauerstoffgas beraubt[1] und die Luft zum Athmen schon unbrauchbar wird, wenn ⅔ ihres Sauerstoffgases verzehrt sind, so darf man immerhin 8,33 Kub.-Fuſs Luft als das Bedürfniſs eines Menschen in einer Stunde annehmen. Halley war der erste, welcher diese wesentlichen Mängel verbesserte. Die durch seine Versuche sehr bekannt gewordene Taucherglocke war von Holz, oben 3, unten 5 F. weit und 8 F. hoch, auswärts mit Blei überzogen und am Boden mit Gewichten beschwert, um schnell im Wasser herabzusinken, und zugleich den Tauchern dazu dienend, sich darauf zu stellen und zu arbeiten. Oben im Deckel war bei D ein meniscusförmiges Glas angebracht, die concave Seite nach innen gekehrt, und bei B ein Hahn, um die heiſse Luft entweichen zu lassen. Eine kreisförmige Bank LM diente den Tauchern zu Sitzen und die ganze Maschine wurde an Tauen seitwärts vom Schiffe herabgelassen, nachher aber wieder in die Höhe gezogen. Um die verdorbene Luft zu ersetzen, dienten ein Paar Tonnen C, mit Blei beschwert, um schnell herabzusinken, 30 Gallonen haltend, mit einer Oeffnung im Boden, um das Wasser eindringen zu lassen, oben im Deckel aber gleichfalls mit einem Loche versehn, worein ein mit Oel und Wachs getränkter lederner Schlauch gesteckt war, aus welchem die Luft nicht entweichen konnte, weil er wieder herabwärts gebogen war, bis einer der Taucher ihn ergriff und unter der Glocke in die Höhe bog, worauf dann die Luft durch das eindringende Wasser herausgedrückt wurde. Die so entleerte Tonne wurde wieder hinaufgezogen und gleichzeitig eine zweite herabgelassen, welches Verfahren eine solche Menge frischer Luft gab, daſs Halley nebst noch vier andern Personen anderthalb Stunden in einer Tiefe von 9 bis 10 Faden ohne die geringste Unbequemlichkeit ausdauern konnte. Dabei gebrauchte man die Vorsicht, den Apparat nur allmälig von 12 zu 12 Fuſs herabzulassen und dann vermittelst

Fig. 4.

1 S. Art. *Athmen*. Bd. I. S. 422.

Digitized by Google

der Tonnen so viel frische Luft zuzuführen, dafs das eingedrungene Wasser wieder bis an den Rand der Taucherglocke sank; als aber der Apparat unten angekommen war, wurde stets so viel Luft durch den Hahn B herausgelassen, als jede Tonne zuführte. Wenn die Glocke ganz auf den Boden herabgelassen war, so konnte unten auf dem Boden gearbeitet werden, auch konnte man bei ruhiger See hinlänglich sehn, um zu lesen und zu schreiben, so dafs Halley auf bleierne Tafeln mit einem Griffel Anweisungen schrieb, was geschehn sollte, und diese mit den Tonnen hinaufschickte. Bei unruhiger See war es unter der Glocke finster, wie in der Nacht, aber dann konnte man sich eines Lichtes bedienen. Die Unbequemlichkeit, die in der Regel stets bei einigen Individuen unter der Taucherglocke vorkommt, nämlich die Schmerzen im Ohre wegen ungleicher Compression der Luft in der Eustachischen Röhre, wurde auch bei diesen Versuchen empfunden. Wird die Luft in der Taucherglocke beim Herablassen zunehmend comprimirt und kann sie nicht frei durch die Eustachische Röhre in die Paukenhöhle dringen, so drückt sie das Paukenfell und die Gehörknöchelchen mit heftigen Schmerzen nach innen; umgekehrt aber, wenn die verdichtete Luft in die Paukenhöhle gedrungen ist und beim Emporsteigen des Tauchers nicht frei entweichen kann, so findet ein entgegengesetzter schmerzhafter Druck statt, in beiden Fällen zuweilen so empfindlich, dafs er nicht blofs höchst peinlich, sondern mitunter ganz unerträglich ist[1]. Halley machte noch die bereits erwähnte Vorrichtung, dafs ein mit einer Bleikappe versehener Taucher sich von der Glocke entfernen konnte, mit dieser aber durch eine Röhre, woran sich bei F ein Hahn befand, in Verbindung blieb[2].

Der Schwede Martin Triewald[3] gab eine Taucherglocke von geringerer Gröfse und kleinerem Gewichte an, mit welcher jedoch die beabsichtigten Zwecke sehr wohl zu erreichen waren. Diese bestand aus inwendig verzinntem Ku- Fig. 5.

---

1 Vergl. *Gehör*. Bd. IV. S. 1215.

2 Philos. Trans. abr. T. IV. P. II. p. 188. T. VI. p. 550. Philos. Trans. T. XXIX. p. 492. T. XXXI. p. 177.

3 Konstat lefwa under watnet. Stockh. 1741. 4. Phil. Trans. 1736. Desaguliers Exper. Philos. T. II. p. 220.

Digitized by Google

pferblech und sank durch unten angehängte Bleigewichte D, D herab. Drei starke convexe Glaslinsen dienten sie zu erhellen und eine eiserne Platte E, bestimmt die Taucher zu tragen, war absichtlich so tief gehängt, damit die Athmungswerkzeuge der Taucher von der Luft im oberen Raume, die man für die am meisten verdorbene hielt, entfernt seyn möchten, ja für den Fall, dafs ein Aufenthalt im oberen Theile nothwendig wurde, diente eine schlangenförmig gewundene Röhre an der Innenseite der Glocke, mit einem oberen biegsamen Ende und einem Mundstücke von Elfenbein, zum Einathmen der unteren Luft; eine zweckwidrige Vorsicht, da vielmehr die verdorbene Luft herabsinkt.

Halley's Taucherglocke hat einige bedeutende und zugleich gefährliche Mängel, die von Triewald angegebene erfüllt aber einen der Hauptzwecke, nämlich den Boden unten zum Bearbeiten hinlänglich vom Wasser zu befreien, nicht genügend, und ist daher nur zum Aufbringen versunkener Schiffe geeignet. Bei der ersteren ist gefährlich, dafs ihr bedeutendes Gewicht durch Arbeiter über dem Meere gehoben werden mufs und das Seil dann brechen könnte, welches den Untergang der Taucher unvermeidlich herbeiführen würde. Aufserdem ist die Beschaffenheit des Meeresbodens unbekannt und es können daher Felsenspitzen vorhanden seyn, an denen der Rand der Glocke festhängt, so dafs diese umschlägt, ehe es möglich ist, sich Zeichen zu geben. Diesen Mängeln suchte Spalding zu Edinburg durch die von ihm angegebene, im Durchschnitte gezeichnete Taucherglocke zu entgehn. Diese war von Holz und hing an den Seilen bei e, e, woran zugleich eiserne Haken befestigt waren, um die erforderlichen Bleigewichte zu tragen, durch welche der untere Rand der Maschine stets in horizontaler Richtung gehalten wurde. Weil diese aber zum Herabziehen nicht genügten, so war noch ein anderes Gewicht L an einem Flaschenzuge so aufgehangen, dafs es höher und niedriger gehoben werden konnte, wobei man das Seil an der Innenseite der Glocke befestigte. Fand diese beim Herabsinken ein Hindernifs, so liefs man das Gewicht sofort auf den Boden herab, und verhütete dadurch das weitere Sinken der Glocke, die durch eben dieses Mittel in jeder beliebigen Entfernung vom Boden gehalten wurde. Aufserdem hatte die Glocke einen luftdichten Boden EF, und

Fig. 6.

wenn dann der Hahn bei H geöffnet wurde, so drang das Wasser in den Raum AFEB, brachte die Glocke zum Sinken, bis man sie mehr erleichtern wollte und zu diesem Ende den Hahn H schloſs, dagegen aber Luft aus dem unteren Raume, in welchem diese aus der Tonne O ersetzt wurde, in den oberen steigen lieſs, die das Wasser wieder heraustrieb, bis das verlangte specifische Gewicht hergestellt war. Bei diesem geringen Gewichte der Glocke konnte sie auſserdem von einem kleinen Kahne herabgelassen und leicht von einem Orte zum andern hingeführt werden. Statt einer Bank saſsen die Taucher auf Seilen, die von Haken in der Decke EF herabhingen; eine vermittelst eines Hahns im Innern der Glokke verschlossene Röhre diente dazu, um bei R Luft herauszulassen, die Zuführung frischer Luft durch die Tonne O war aber beibehalten.

Man hat noch verschiedene andere Vorrichtungen erfunden und wirklich in Anwendung gebracht, mittelst deren Taucher in tiefe Flüsse oder selbst im Meere sich hinablieſsen, um versunkene Gegenstände an Stricken zu befestigen, damit sie dann in die Höhe gezogen würden. Sie kommen insgesammt darauf hinaus, daſs die Taucher sich in Panzer oder bloſs den Kopf in groſse Helme von Metall oder gebranntem Leder einhüllen, in deren inneren Räumen eine bedeutende Menge Luft zur Unterhaltung der Respiration eingeschlossen ist, wobei zugleich ein Glas vor dem Gesichte das Sehen erlaubt und die herausstehenden sowohl Arme als auch Beine dicht umschlossen sind, um freie Bewegung zu gestatten, ohne daſs das Wasser in das Innere einzudringen vermag. Einige von diesen mehr oder weniger weiten Panzern sind auch mit elastischen Röhren versehen, deren Mündungen an Schwimmern über der Oberfläche des Wassers gehalten werden, um eine Verbindung mit der äuſsern Luft zu unterhalten. Es würde jedoch zu weitläuftig seyn und zu wenig Nutzen gewähren, diese alle ausführlich zu beschreiben, da sie sich im Fall eines vorhandenen Bedürfnisses nach den angegebenen, übrigens auch hinlänglich bekannten physikalischen Principien leicht construiren lassen, wenn man hauptsächlich nur den kubischen Inhalt der eingeschlossenen Luft und das specifische Gewicht des gesammten gegebenen Volumens gehörig berücksichtigt, damit der so bekleidete oder umschlossene Taucher mit einigem,

aber nicht zu grofsem Uebergewichte über das verdrängte Wasser niedersinkt[1].

Von allen diesen Vorrichtungen macht man gegenwärtig keinen Gebrauch mehr, auch selbst nicht von der allerdings sinnreich construirten Taucherglocke Spalding's, vermuthlich deswegen, weil das Herablassen der Tonnen zum Ersatz der verdorbenen Luft beschwerlich ist und die Aufmerksamkeit und Zeit der herabgelassenen Taucher zu sehr in Anspruch nimmt. Diejenigen, deren man sich jetzt häufig beim Hafenbaue oder beim Aufsuchen versunkener Güter bedient, werden nach Smeaton's Angabe verfertigt[2]. Sie sind von Eisen aus einem Stück gegossen, bilden länglich viereckige, unten offene Kästen, unten dicker als oben und so schwer, dafs sie ohne Belastung im Wasser untersinken, ohne in Folge gehörig regulirten Schwerpunctes umzuschlagen. Im Deckel befinden sich zwölf Oeffnungen mit dicken, planconvexen Gläsern zum Erleuchten und eine Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser, in welcher ein bis an die Oberfläche reichender elastischer Schlauch befestigt ist, um durch diesen mittelst einer Druckpumpe stets frische Luft zuzuführen, so dafs die verdorbene fortwährend in grofsen Blasen unter dem Rande der Glocke entweicht, indem die Druckpumpe sofort beim Herablassen des Apparates unter das Wasser in Thätigkeit gesetzt wird. Von der Mitte des Deckels hängt eine grofse Kette herab, um gehauene Steine daran zu befestigen und in die Tiefe herabzulassen, an den Seiten aber befinden sich Bänke zum Sitzen für die Arbeiter, welche in der Tiefe angekommen herabsteigen, die Taucherglocke ohne Mühe auf dem Boden hinschieben und ihre Arbeit unter derselben verrichten. Der ganze Apparat hängt an einer Kette von einem drehbaren Krahne herab, um ihn aufzuziehn und hinabzulassen, auch so weit über das Wasser zu heben, dafs die Arbeiter mit einem Kahne unter die Oeffnung der Glocke fahren und die herabzulassenden Sachen befestigen, dann aber sich selbst auf die für sie bestimmten Bänke setzen können. Diese verbesserte Einrichtung,

---

1 Man findet den gröfsten Theil derselben beschrieben und durch Figuren versinnlicht in Rees Cyclopaedia. Lond. 1819. 4. T. XII. Art. Diving-Bell.

2 Biblioth. univ. T. XIII. p. 230.

hauptsächlich die Druckpumpe für frische Luft, wird stets beibehalten, wenn man übrigens auch die Form ändert. So war diejenige, worin sich Dr. Colladon im Hafen zu Howth in Irland herabliefs, ein länglich runder Kasten, aus einem Stück von Eisen gegossen, 6 Fufs im längsten, 4 F. im kürzesten Durchmesser, 5 F. hoch, unten 3 Zoll, oben 1,5 Z. dick, und wog im Ganzen 4 Tonnen. Sie hatte oben 10 mit dicken Gläsern versehene Oeffnungen und war in ihrer übrigen Einrichtung der Smeaton'schen gleich[1]. In neueren Zeiten hat auch Steele[2] sich sehr bemüht, die Aufmerksamkeit des Publicums auf eine von ihm in Vorschlag gebrachte verbesserte Taucherglocke zu richten, für die er sich ein Patent ertheilen liefs. Sie unterscheidet sich von der Smeaton'schen durch eine besondere Kammer (*communicating chamber*), die vom Hauptraume durch eine Wand mit Fenstern geschieden und für den Aufseher über die zu fertigenden Arbeiten bestimmt ist. Nach einer abgeänderten Construction ist diese Kammer von dem Hauptraume ganz getrennt und nur durch einen elastischen Schlauch damit verbunden, um durch diesen mit den Arbeitern zu reden. Diese Vorrichtung scheint mir nichts weniger als vortheilhaft, weil sie die Maschine zusammengesetzter macht und den Aufseher hindert, die Gegenstände, um derentwillen die Glocke herabgelassen wird, genau zu sehn. Weit zweckmäfsiger bringt man in den Smeaton'schen Apparaten zuweilen eine eigene Abtheilung mit einem bequemeren Sitze für den Aufseher an. Beiläufig will ich noch bemerken, dafs stets sehr dicke Gläser zum Einlassen des Lichts für Taucherglocken empfohlen werden, um dem starken Drucke zu widerstehn; da aber der Druck des Wassers von aufsen dem Drucke der Luft von innen bis auf den geringen Unterschied, den eine Wassersäule von der Höhe der Taucherglocke bedingt, ganz gleich bleibt, so ist fest eingekittetes, mäfsig dickes Glas stark genug, um den unbedeutenden Ueberschufs des Druckes auszuhalten.

M.

---

1 Froriep Notizen 1821. Sept. N. 7.

2 Philosophical Magazine and Annals of Phil. T. LXVIII. p. 43. 211. Mechanics Magazine. 1825. N. 96. p. 185. Daraus in Dingler's polytechnischem Journal. Th. XVIII. S. 176. XXI. 218. XXIV. 24; an der letzten Stelle mit Abbildung.

Digitized by Google

Telegraph

heifst in allgemeinster Bedeutung jede Vorrichtung, wodurch man Nachrichten nach einem gewissen Ziele, wo möglich schnell und durch gewisse verabredete Zeichen, mittheilt; die Benennung ist abgeleitet von τέλος, das Ende, das Ziel, und γράφειν, schreiben. Die Mittel, die man für diesen Zweck in Vorschlag brachte und wirklich anwandte, sind das Licht und die Elektricität, beide wegen ihrer aufserordentlichen, für irdische Räume unendlich zu nennenden Geschwindigkeit hierzu am meisten geeignet. Man hat daher eigentlich nur zwei Arten von Telegraphen, optische und elektrische, die eine nähere Betrachtung verdienen, denn sonstige Vorschläge, sich durch Zeichen auf meistens nur kurze Entfernungen zu verständigen, gehören in das Gebiet der *Synthematographik* (Zeichenschrift, von σύνθημα, das Verabredete, verabredetes Zeichen, Chiffer, und γράφειν) und nicht zur *Telegraphie*, die nur einen speciellen Zweig von jener ausmacht. Man hat aufserdem den Schall als ein Mittel zur Telegraphie vorgeschlagen, welches unter allen das geeignetste ist, sobald es blofs auf verhältnifsmäfsig kurze Entfernungen angewandt werden soll. Uebergehe ich hierbei die wohl früher in Anwendung gebrachte schnelle Fortpflanzung einer Nachricht durch Kanonenschüsse in Gemäfsheit vorausgegangener Verabredung, die wegen des grofsen Kostenaufwandes nur in einzelnen seltenen Fällen angewandt werden kann und aufserdem allezeit etwas unsicher bleibt, da bekanntlich der Schall aus unbekannten Ursachen zuweilen nicht so weit gelangt, als man zu erwarten berechtigt ist, so bleibt nur die Mittheilung durch Röhren übrig, deren Nutzen, nebst den dazu dienlichen Vorrichtungen, bereits angegeben ist [1]. Man pflegt dieses Mittel gegenwärtig nicht unter die telegraphischen zu zählen, weil man bei diesen zugleich grofse Entfernungen im Auge hat, früher ist es aber als ein solches von Gauthey [2] in Vorschlag ge-

1 S. Art. *Schall.* Bd. VIII. S. 451.

2 Expérience sur la Propagation du son et de la voix dans des tuyaux prolongés à une grande distance. Nouveau moyen d'établir et d'obtenir une correspondance très rapide entre des lieux fort éloi-

bracht, welcher durch Versuche an der 400 Toisen langen Röhrenleitung PERRIER's zu Chaillot auffand, dafs die menschliche Stimme durch eine so weite Strecke ungeschwächt fortgepflanzt wird. Da man indefs gegenwärtig diese und sonstige wohl vorgeschlagene Vorrichtungen zur schnellen Mittheilung von Nachrichten in die Ferne nicht mehr zur Telegraphie zählt, so bleiben nur die zwei neuerdings vorgeschlagenen und zum Theil wirklich in Anwendung gebrachten Telegraphen zur näheren Betrachtung übrig, die optischen und elektrischen.

1) Optische Telegraphen.

Das Licht durchläuft ungefähr 40000 geographische Meilen in einer Secunde, und da ein Zehntheil einer Secunde wohl das kleinste Zeitintervall ist, was man ohne künstliche Mittel noch messen kann, in welchem das Licht 4000 Meilen durchlaufen würde, so übersieht man bald, dafs die Zeit, welche das Licht zum Durchlaufen irdischer Strecken gebraucht, unmefsbar klein ist und also bei der optischen Telegraphie ganz unberücksichtigt bleiben darf. Dieses war schon den Alten bekannt und sie benutzten daher das Licht zur schnellen Verbreitung wichtiger Nachrichten, zunächst nur im Kriege. Eine Spur hiervon aus dem höchsten Alterthume findet man in der Erzählung der Klytemnästra[1], wie ihr durch Signalfeuer auf den Bergspitzen die Kunde von der Eroberung Troja's zugekommen sey. Aehnliche Alarmfeuer waren bei den Feldzügen Hannibal's, insbesondere bei den Schotten, aber auch bei den germanischen und andern Völkerschaften gewöhnliche Mittel der Telegraphie, worüber sich unter andern in POLYBIUS, JULIUS AFRICANUS und sonstigen Schriftstellern unzweideutige Nachrichten finden. Bei der bloſsen Idee scheint ein Vorschlag von FRANZ KESSLER[2] geblieben zu seyn, welcher schon 1617 angab, man solle ein Feuer in einer Tonne an-

---

gnés. Aus BOECKMANN's Versuch einer Telegraphie. Vergl. eine Nachricht darüber im Gothaischen Hofkalender von 1784.

1 S. AESCHYLUS Agamemnon. Sc. II.

2 Just. Christ. HENNINGS Mittel den menschlichen Leib wider d. Folgen des Wassers und Feuers zu schützen. S. 299.

zünden, dieses durch eine Klappe verdecken und die Zahl des zu bezeichnenden Buchstaben vermittelst wiederholter Entfernung der Klappe ausdrücken. Der eigentliche Erfinder des neueren optischen Telegraphen ist wohl der bekannte HOOK[1], welcher der Londoner Societät im Jahre 1684 einen Plan vorlegte, wie man durch geometrische Figuren, vermittelst aneinander beweglicher Lineale erzeugt, schnell Nachrichten in die Ferne mittheilen könne; auch gab er schon an, dafs man sich dabei der Fernröhre bedienen könne, um die Menge der Zwischenstationen zu vermindern. Ob CHAPPE hierdurch auf die Erfindung seines später so berühmt gewordenen Telegraphen geleitet worden sey, ist nicht wohl auszumitteln[2], ebenso wenig als ob er aus BERGSTRAESSER's zahlreichen Vorschlägen die Idee entnommen habe, deren bequeme und zweckmäfsige mechanische Ausführung bei der Construction des von ihm hergestellten Telegraphen auf jeden Fall als seine Erfindung gelten mufs. BERGSTRAESSER[3] beschäftigte sich nämlich schon seit 1780 mit dem Probleme der Synthematographik im ganzen Umfange, suchte die älteren Vorschläge und Versuche der Telegraphie auf, beschränkte sich aber bei seinen eigenen Vorschlägen hauptsächlich, wo nicht ausschliefslich auf Feuersignale, deren Schwierigkeit und kostspielige Ausführung bald einleuchtet. Nach seiner Angabe sollte eine sogenannte Signalpost zwischen Leipzig und Hamburg errichtet werden, auch telegraphirte er zum Versuche vermittelst Racketen von der sogenannten Goldgrube, acht Stunden von Hanau, aus über Homburg und Bergen nach Philippsruhe.

Von dieser Zeit an wurde die Sache von mehreren Seiten verhandelt, insbesondere suchte man die einfachsten und bequemsten Zeichen aufzufinden und die Mittel, sie aus der

1 Philos. Trans. for 1684.

2 BORGKMANN in seinem: Versuch über Telegraphie und Telegraphen u. s. w. Carlsruhe 1794. S. 101. sucht durch Combinationen zu beweisen, dafs der durch CHAPPE vorgeschlagene Telegraph die Erfindung LINGUET's sey, wodurch dieser sich schon 1782 aus der Bastille loskaufen wollte. Als er nachher in Grand-Force gefangen safs, seyen die hierauf bezüglichen Zeichnungen durch Robespierre in CHAPPE's Hände gekommen und dieser habe sich die Erfindung angeeignet. LINGUET wurde 1793 guillotinirt.

3 Synthematographik u. s. w. 1ste Lief. Hanau 1784.

Ferne zu erkennen, ohne dafs sie vom Publicum wahrgenommen würden; es war aber Frankreich vorbehalten, sie zuerst durch praktische Anwendung ins Leben einzuführen. Der Bürger Chappe wandte sich mit der Anzeige dieser von ihm angeblich gemachten Erfindung, worauf er mehrere Jahre lang angestrengtes Nachdenken verwandt zu haben vorgab, im Jahre 1793 an den National-Convent in Paris, dieser ernannte eine Commission zur Untersuchung und in Folge hiervon stattete Lacanal am 25sten Juli dieses Jahres einen Bericht über die angestellten Versuche[1] ab. Der Telegraph hatte, wie der erste nach diesem Modell auf dem Louvre errichtete, nur einen Querbalken mit zwei halb so langen, die mit ihrem einen Ende am Ende des ersteren in verticaler Ebene drehbar befestigt waren, und hiermit wollte er 100 verschiedene Zeichen hervorbringen, die aber von den Commissarien als eigenthümliches Geheimnifs des Erfinders nicht mitgetheilt wurden. Der erste Versuch fand am 12. April statt, ein Posten stand zu Menil-Montant, ein zweiter auf der Höhe von Ecouan und ein dritter zu St. Martin du Thertre, die ganze Entfernung betrug 8 bis 9 Lieues und beide telegraphirte Depeschen wurden völlig genau verstanden. In Gemäfsheit dessen fiel der Bericht sehr günstig aus; die Commission rechnete, dafs im Mittel jedes Signal 20 Secunden erfordern würde und also eine Depesche von Valenciennes bis Paris 13 Min. 40 Sec. bedürfe. Sie bestimmte ferner, dafs mit Inbegriff der zur Nachtzeit erforderlichen Geräthschaften jeder Telegraph 6000 Livres kosten könne und sich daher mit 90000 Livres eine Linie von Paris bis an die Nordgrenze des Reichs herstellen lasse, wovon die Fernröhre und Secunden-Pendeluhren, die ohnehin vorhanden seyen, noch abgingen und also nur 58400 Livres erforderlich wären. Auf diesen Bericht ernannte der Convent den Erfinder Chappe zum *Ingénieur-Télégraphe*, und trug dem Wohlfahrts-Ausschufs auf, zu bestimmen, welche Telegraphen-Linien am nöthigsten und zweckmäfsigsten wären. Von dieser Zeit an wurde die Sache allge-

Fig. 7.

---

1 Journ. des Inventions, découvertes et perfectionnements dans les Sciences. T. II. Gotha'sches Magaz. Th. X. St. 1. S. 95. Bulletin de la Société philomatique. An VI. No. 16. Hier findet man Beschreibung und Abbildung des Chappe'schen Telegraphen.

mein bekannt und es erschienen mehrere Werke mit Beschreibungen des in Paris auf dem Louvre errichteten Telegraphen und mit zahllosen Vorschlägen zu verschiedenen Combinationen der damit zu gebenden Zeichen, wie nicht minder anderweitiger Chiffern, unter andern die oben erwähnte von Boeckmann, zwei in Leipzig[1], eine in Nürnberg[2] u. s. w.; auch stellte Bergstraesser[3] alles bis dahin über dieses Problem bekannt Gewordene in einem mehr weitläuftigen als gründlichen Werke zusammen. Die von Chappe gewählte Einrichtung verbindet Einfachheit mit einem hohen Grade von Vollständigkeit und mufste daher vor allen andern vorgeschlagenen am meisten Beifall finden. Man berechnete gleich anfangs[4], dafs man sich bei den Stellungen der beiden Seitenflügel auf die Winkel von 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° und 315° beschränken müsse, welches aber für die einzelnen und für beide in Verbindung 63 verschiedene Figuren giebt. Diese mit den 4 verschiedenen Stellungen des Hauptflügels multiplicirt giebt 256 Figuren, aus denen man die bequemsten aussuchen kann, weil man nicht aller bedarf; auch versteht sich von selbst, dafs man diesen Zeichen eine willkürliche Bedeutung geben kann, so dafs die telegraphirten Depeschen ungeachtet der offenen Sichtbarkeit der Zeichen doch immer ein Geheimnifs bleiben. Die Maschine ruht nach jeder bedeutsamen Stellung ein wenig, um dadurch anzudeuten, dafs sie eine geltende sey. Die Entfernung der einzelnen Stationen hängt von der Güte der gebrauchten Fernröhre ab; nach der Erfah-

---

1 Beschreibung und Abbildung des Telegraphen oder der neu erfundenen Fernschreibemaschine u. s. w. Leipz. 1794. Abbildung und Beschreibung des Telegraphen oder der neu erfundenen Fernschreibemaschine in Paris und ihres innern Mechanismus u. s. w. Nebst einer leicht ausführbaren Anweisung, mit äufserst geringen Kosten Telegraphen zu verfertigen. Leipz. 1795. 8.

2 Beschreibung und Abbildung des Telegraphen oder der neu erfundenen Fernschreibemaschine in Paris, mit einem Kupfer; sammt dem telegraphischen Alphabet. Nürnberg 1796. 4. Die Schrift von Edelcrantz über Telegraphie, worin auch Vorschläge zu Verbesserungen enthalten sind, habe ich nicht zur Hand.

3 Ueber Signal-, Ordre- und Zielschreiberei in die Ferne oder über Synthematographe und Telegraphe in der Vergleichung. Frankf. a. M. 1795. Mit 13 K.

4 S. Gotha'sches Magazin, Th. X. St. 1. S. 101.

Digitized by Google

rung nimmt man im Mittel 6 bis 8 Stunden an, vorausgesetzt dafs keine zwischenliegenden Erhöhungen ein Hindernifs geben, wie z. B. von Paris aus die nächste Station sich schon auf dem Mont-Martre befindet.

Die ursprüngliche Einrichtung der Telegraphen ist bis jetzt im Wesentlichen beibehalten worden und sonstige, minder zweckmäfsige Vorschläge sind unbeachtet geblieben. Dahin gehört der von Achard[1], wonach eine gerade Stange, ein Kreis und ein Dreieck, an einer gemeinschaftlichen Axe beweglich, durch Combination die erforderlichen Zeichen geben sollen, und die nur im Allgemeinen bekannt gewordenen, aber sehr viel versprechenden von Wolke[2]. Die einzige wesentliche, zugleich aber sehr nahe liegende Verbesserung, die man alsobald einführte, besteht darin, dafs man die beiden Nebenflügel nicht mit ihren Enden, sondern in der Mitte an den Enden des Hauptflügels befestigte, wonach also der Telegraph die in der Zeichnung ausgedrückte Gestalt erhielt. Hierdurch erreichte man den wesentlichen Vortheil, dafs alle drei Flügel, jeder in seinem Schwerpuncte befestigt, ungleich weniger Kraft zu ihrer Bewegung erfordern. Fig. 8.

Somit glaube ich das Wesentliche über die Erfindung und die Construction des üblichen optischen Telegraphen vollständig genug mitgetheilt zu haben, ohne dafs es mir nöthig scheint, auf die einzelnen späteren Vorschläge zu Verbesserungen[3] weiter einzugehn. Sollte aber jemand beabsichtigen, bei der Anlegung einer Telegraphenlinie thätig mitzuwirken, dann würde ihm allerdings obliegen, auch diese und namentlich die durch Breguet und Betancourt angegebenen Constructionen[4], vor allen andern aber die ausführliche Abhandlung von Fr. Parrot[5] mit ebenso schönen als belehrenden Zeichnungen, einer näheren Prüfung zu unterwerfen.

Chappe's Telegraph ist nur am Tage zu gebrauchen, der Erfinder desselben und mehrere andere waren aber darauf be-

---

1 Journal für Fabrik. 1794. Dec. S. 486.

2 Reichsanzeiger. 1795. No. 167.

3 Solche finden sich unter andern in Bibliothèque Britannique. 1796. Janv.

4 Bulletin de la Soc. philom. An VI. N. 16. Mém. de l'Institut. 1797.

5 Mém. de l'Acad. des Sc. de Péterb. VIme Sér. T. IV.

dacht, ihm eine solche Einrichtung zu geben, dafs man auch während der Nacht telegraphiren könne, ohne dafs dieses jedoch bis jetzt in Ausführung gebracht wurde. Dahin gehört der Vorschlag von ABEL BÜRJA[1], grofse, in einer undurchsichtigen Scheibe ausgeschnittene und von hinten her erleuchtete Buchstaben zum nächtlichen Telegraphiren anzuwenden. Der Vorschlag scheint nicht schwer ausführbar, und es liegt nicht fern, statt der gewöhnlichen Schriftzeichen zur Bewahrung des Geheimnisses willkürliche Chiffern zu wählen, was auf jeden Fall leichter ausführbar scheint, als der Vorschlag von FISCHER[2], mittelst 10 Laternen zu signalisiren, die in verschiedenen Combinationen theilweise zugedeckt werden müfsten. Im Frühjahr 1833 habe ich selbst gesehn, dafs in Paris Versuche gemacht wurden, vermittelst Laternen bei Nacht zu telegraphiren, über die erhaltenen Resultate habe ich aber keine Kenntnifs erhalten. Am gelungensten scheinen die Versuche ausgefallen zu seyn, welche LECOT DE KERVEGUEN[3] mit dem von ihm erfundenen Tag- und Nachttelegraphen angestellt hat. Dieser besteht aus einer gewöhnlichen, bei Nacht im Innern stark erleuchteten Kammer. In der Wand, welche in der Richtung der telegraphischen Linie liegt, befinden sich drei grofse, kreisrunde Oeffnungen mit einem Kreuze, wovon de eine Balken vertical steht. Die Oeffnungen sind mit einer runden, drehbaren Scheibe bedeckt, worin sich ein Einschnitt befindet, welcher durch den einen oder den andern Balken des Kreuzes ganz verdeckt wird, und wenn sie daher um ihre Axe gedreht werden, so fällt das Licht durch den Einschnitt, dessen Stellung in jedem Winkel verändert werden kann, so dafs die Verbindung aller drei die vielfachsten Combinationen gestattet, deren Zahl in übergrofser Menge zu 8649 angegeben wird, auf jeden Fall aber für die Bedürfnisse der Telegraphie mehr als genügt. Die Gröfse der Einschnitte und der Scheiben

---

1 BUSCH Geschichte der Erfindungen. Th. XII. S. 47.

2 Deutsche Monatsschrift. 1795. Oct. S. 96. Aehnliche Vorschläge sind von BOECKMANN a. a. O., von KESSLER und von vielen Andern gemacht worden, die man in den angezeigten Werken von BERGSTRAESSER findet.

3 Revue Encyclop. T. XLIII. p. 763. The Quarterly Journ. of science. New Ser. N. XII. p. 393.

Digitized by Google

mufs der Entfernung, bis zu welcher sie sichtbar seyn sollen, angemessen seyn, was sich von selbst versteht. Am 21sten März 1829 wurden Versuche mit diesem Telegraphen angestellt, welcher sich im Hafen von Brest befand, und die Signale wurden auf dem Cap Sepet in 1,8 Lieues Entfernung, des hellen Mondlichts ungeachtet, sehr genau erkannt, auch am andern Morgen, als man statt des Kerzenlichtes das Tageslicht durch die Einschnitte fallen liefs.

2) Elektrische Telegraphen.

Wie vollkommen und ihrem Zwecke angemessen die optischen Telegraphen der Theorie und Erfahrung nach immer seyn mögen, so unterliegen sie doch stets dem Mangel, dafs (bis jetzt noch die Nacht und) auf jeden Fall trübes, nebeliges Wetter ihren Gebrauch aufhebt. Indem aber der elektrische Strom schon nach älteren Versuchen irdische Räume in unmefsbar kurzer Zeit, nach den neueren von Wheatstone aber mit gröfserer Geschwindigkeit, als selbst das Licht durchläuft, und hierbei obendrein weder die Nacht noch auch trüber Himmel ein Hindernifs abgiebt, so war der Gedanke sehr natürlich, denselben zur Telegraphie zu benutzen. Die in dieser Beziehung gemachten Vorschläge waren allezeit der bestehenden Kenntnifs des Verhaltens der Elektricität angemessen. So lange man blofs die Reibungselektricität kannte, beschränkten sich die Vorschläge darauf[1], den elektrischen Strom durch willkürlich lange, unter der Erde hinlaufende Metalldrähte zu leiten und auf der entfernten Beobachtungs-Station dadurch die verabredeten Zeichen zu geben, dafs der einfache Funke eine elektrische Pistole entzündete, um überhaupt die Aufmerksamkeit zu erregen oder von einem Leiter zum andern übersprănge oder in einer luftleeren Flasche als Lichtschein zum Vorschein käme. Liefse sich der elektrische Strom auf diese Weise als einfacher oder als Flaschenfunke nur auf hinlänglich entfernte Strecken fortleiten, so wäre es leicht, durch verschiedene Zahl und Reihenfolge solcher Funken die verabredeten Zeichen zu geben, allein die eigentliche Schwierigkeit, dafs die in die Erde gesenkten Drähte nicht mehr isolirt blei-

1 Boeckmann a. a. O. S. 17.

Digitized by Google

ben, hatte man ganz übersehn, und sie ist erst in den neuesten Zeiten gehörig gewürdigt worden. Der Telegraphirung durch Reibungs-Elektricität steht aber außerdem noch das Hinderniſs entgegen, daſs auf jeden Fall eine etwas starke Spannung der Elektricität erfordert würde, man sich daher entweder auf nur einen hin- und zurücklaufenden Draht beschränken müſste, was die Erhaltung einer hinlänglichen Anzahl verschiedener Chiffern erschwert, oder daſs eine gröſsere Menge genügend isolirter Leitungsdrähte erforderlich wäre.

Dieses letztere, nicht unbedeutende Hinderniſs wurde gänzlich beseitigt, nachdem VOLTA das Verhalten der hydroelektrischen Säule aufgefunden hatte, indem die hierdurch erzeugte Elektricität vollkommene Leiter auf die gröſsten Entfernungen in unmeſsbar kurzer Zeit durchläuft und dabei dennoch eine so geringe Spannung hat, daſs ein bloſses Ueberspinnen der Leitungsdrähte mit Seide genügend isolirt, so daſs eine willkürliche Menge so zubereiteter Drähte neben einander, ja sogar zusammengebunden, von einer Station zur andern fortgeführt als ebenso viele Leiter besonderer elektrischer Ströme dienen können. Dieser Umstand bewog S. Th. SÖMMERRING[1], den Plan zu einem elektrischen Telegraphen vollständig auszudenken, im Modelle durch Drähte bis auf 2000 Fuſs Länge auszuführen und vor der Akademie in München die Möglichkeit einer solchen Vorrichtung durch Versuche darzuthun. Da (von jetzt an) gewiſs nie eine praktische Anwendung von diesem Vorschlage gemacht werden wird, so genügt es, nur die Sache im Allgemeinen zu bezeichnen. SÖMMERRING vereinigte anfangs 35, nachher nur 27 feine, mit Seide umsponnene Messingdrähte in ein Seil, welches dann bei der wirklichen Ausführung in einem Canale unter der Erde fortgeführt werden muſste, wobei die einzelnen Drähte an den Enden dieses Seiles frei und getrennt blieben. Auf der ersten der beiden telegraphischen Stationen sollte ein hinlaufender und ein zurückkehrender Draht mit den entgegengesetzten Polen einer Volta'schen, zur Wasserzersetzung hinlänglich starken Säule in Verbindung gesetzt worden, auf der andern Station aber, wohin man eine Depesche zu telegraphiren beab-

1 Münchener Denkschriften Th. III. Im Auszuge in Schweigger's Journ. Th. II. S. 217.

Digitized by Google

sichtigte, tauchten die Enden dieser Drähte in geeignete Gefäſse mit Wasser und zersetzten dieses in Folge des durchgeleiteten elektrischen Stromes. Hat man eine hinlängliche Anzahl solcher Gefäſse, deren jedes einen gewissen Buchstaben oder eine Zahl oder ein sonst geeignetes Zeichen bedeutet, und werden die hierzu gehörigen Drahtenden auf der ersten Station mit den Polen der Volta'schen Säule verbunden, so geben diejenigen Gefäſse, worin sich die Wasserzersetzung zeigt, an sich und durch die Reihenfolge, wie diese beginnt, die gewünschten Zeichen, die dann, wenn sie nicht Buchstaben, sondern willkürliche Zeichen bedeuten, als Geheimschrift dienen können. Die Zahl der hierzu erforderlichen Drähte wird dadurch bedeutend vermindert, daſs man zur Zurückführung des elektrischen Stromes für alle, denselben zur zweiten Station hinleitenden, nur eines einzigen Drahtes bedarf. Für alle diejenigen, die mit den Gesetzen der Fortpflanzung des elektrischen Stromes bekannt sind, muſs klar seyn, daſs unter Voraussetzung einer möglichen genügenden Isolirung solcher unter der Erde hinlaufender Drähte die Ausführung dieses Vorschlags allerdings möglich sey und daſs daher die von Praetorius[1] dagegen gemachten Einwendungen durchaus nur auf gänzlicher Unkenntniſs der Sache beruhn.

Sobald Oersted's glänzende Entdeckung des Elektromagnetismus bekannt geworden war und man wuſste, daſs eine im *Multiplicator*[2] frei schwebende Magnetnadel durch den elektrischen Strom bis zu 90° aus dem magnetischen Meridiane abgelenkt wird und noch obendrein, je nach der Richtung dieses Stromes, entweder östlich oder westlich, lag der Gedanke sehr nahe, statt der Wasserzersetzung dieses Mittel zur Telegraphie anzuwenden. Sofern aber die Construction des Sömmerring'schen Telegraphen allgemein bekannt war und auch beim elektromagnetischen Telegraphen die Leitungsdrähte den wesentlichsten Theil bilden, die verschiedene Combination der möglichen Zeichen aber nicht wichtig genug ist und sich zu leicht von selbst darbietet, als daſs sie ein Gegenstand ernster Forschungen werden sollte, so konnten nur beiläufige Aeuſserungen über dieses Problem bekannt werden, deren Auf-

1 G. XXXIX. 116. Vergl. S. 478.
2 S. Art. *Multiplicator*. Bd. VI. S. 2476.

Digitized by Google

suchung nicht die Mühe lohnt. Daher wird es genügen, wegen anderweitiger grofser Verdienste dieses Gelehrten hier zu bemerken, dafs schon am 12. Febr. 1830 Ritchie der Londoner Societät gelegentlich anzeigte, Ampère habe die Drehungen der Magnetnadeln durch den elektrischen Strom als Mittel zum Telegraphiren in Vorschlag gebracht. Dennoch können zwei Gelehrte genannt werden, welche diesem Probleme eine gröfsere Aufmerksamkeit gewidmet und dasselbe bis auf den Standpunct gebracht haben, auf welchem es sich gegenwärtig befindet; beide haben sich nicht blofs mit theoretischen Angaben begnügt, sondern jeden Theil der Aufgabe sogleich praktisch und obendrein in einem grofsen Mafsstabe in Anwendung gebracht, und da das Problem nicht blofs interessant, sondern auch wegen beabsichtigter Anwendung desselben im Grofsen von höchster Wichtigkeit ist, so lohnt es sich der Mühe, den verschiedenen, von beiden betretenen Weg näher zu bezeichnen.

Die im Multiplicator aufgehangene Magnetnadel wird selbst durch einen schwachen elektrischen Strom in Bewegung gesetzt, ohne dafs aus ihrer Gröfse dabei ein merkliches Hindernifs erwächst, denn Gauss hat namentlich gezeigt, dafs das 25 Pfund schwere Magnetometer auf der Sternwarte durch einen einfachen Volta'schen Apparat, aus einer 1,5 Z. im Durchmesser haltenden Kupferplatte und einer gleich grofsen Zinkplatte bestehend, mit zwischengelegter, in destillirtes Wasser getauchter Papierscheibe, um viele Grade abgelenkt wird, obgleich der Strom den aus 1500 Fufs Kupferdraht bestehenden Riesen-Multiplicator durchlief. Handelt es sich daher um die Art des elektrischen Stromes, durch welchen die zum Telegraphiren bestimmte Nadel in Bewegung gesetzt werden soll, so könnte dazu ein durch eine der vier bekanntesten Methoden erzeugter benutzt werden, nämlich ein reibungselektrischer, ein thermoelektrischer, ein hydroelektrischer und ein magnetoelektrischer. Es haben zwar die neuesten Versuche von Gauss[1] bewiesen, dafs die im physikalischen Cabinette zu Göttingen erzeugte Reibungs-Elektricität die mehr als eine Meile lange Drahtlänge bis zum Observatorium durchlief und

---

1 Ich hatte das Glück, im Herbst 1837 diese Versuche selbst mit anzusehen

die sämmtlichen zwischenliegenden Magnetometer in Bewegung setzte (eine bedeutende Erweiterung des bekannten *Colladon'schen Versuches*); auch oscillirte das Magnetometer der Sternwarte, als ein von GAUSS eigens aus Eisen- und Platindrähten construirter thermoelektrischer Apparat in den Kreis des genannten Multiplicators gebracht und bloſs mit der Hand erwärmt wurde; dennoch aber wird man sich zum Telegraphiren weder der Reibungs- noch der Thermo-Elektricität bedienen, sondern die weit bequemeren und sicheren der Volta'schen Säule und der Induction wählen. Beide Arten sind bei den bisherigen Proben in Anwendung gebracht worden, und obgleich noch keine Entscheidung vorliegt, welcher der Vorzug gebühre, so wird es doch erlaubt seyn, ihre Eigenthümlichkeiten näher anzugeben und dadurch mindestens etwas zur Begründung eines solchen Urtheils beizutragen.

Der Baron SCHILLING v. CANSTADT[1] darf wohl als derjenige genannt werden, welcher das Problem der elektromagnetischen Telegraphie zuerst und mit gröſstem Eifer bearbeitet hat. Während seiner Anwesenheit in München bei der Kais. Russischen Gesandtschaft zur Zeit, als SÖMMERRING das Problem der Telegraphie bearbeitete, wurde er mit dieser Aufgabe vertraut, und es war daher natürlich, daſs er bald nach OERSTED's Entdeckung und hauptsächlich, nachdem man die Construction und Wirkungen der Multiplicatoren erkannt hatte, auf den Gedanken verfiel, die durch den elektrischen Strom bewirkten Abweichungen einer Magnetnadel zum Telegraphiren zu benutzen. Ohne hierbei auf unwesentliche Speculationen einzugehen, faſste er das Hauptproblem scharf ins Auge, nämlich die Frage, ob der elektrische Strom ohne nachtheilige Schwächung weite Strecken durchlaufen könne, und überzeugte sich hiervon durch Versuche auf seinem Gute, wobei die Länge des angewandten Drahtes mehrere Werst betrug. Hinsichtlich der Chiffern blieb er vorerst bei der An-

---

1 Es hat mir groſses Vergnügen gemacht, diesen mit unglaublich vielseitigen Kenntnissen ausgerüsteten Gelehrten, Mitglied der Akademie zu Petersburg, zugleich auch viel bewandert in den höheren Geschäften des Staatslebens, bei der Versammlung der Naturforscher zu Bonn kennen zu lernen und von ihm mündlich die Hauptsache des hier Mitgetheilten zu entnehmen. Leider ist er seitdem verstorben.

Digitized by Google

wendung einer einzigen Nadel stehen, wohl wissend, daſs vermittelst einer sich von selbst und fast ohne alles Nachdenken darbietenden Verbesserung leicht mehrere Nadeln neben einander gestellt und durch ebenso viele abgesonderte Rheophore, für welche insgesammt nur ein einziger zurückführender Draht genügte, bewegt werden könnten, um die zahlreichsten Combinationen zu erhalten. In dieser Beziehung neigte er sich am meisten zu der Idee hin, bloſs Zahlen zu telegraphiren, die sich auf ein Chiffern-Lexikon beziehn sollten, worin die den einzelnen Zahlen zukommenden Worte verzeichnet wären[1]. Unter den vielfachen, hierbei möglichen Vorschlägen sey es erlaubt, nur einen etwas näher zu beschreiben. Gesetzt man wählte 5 Nadeln, jede nach der später zu beschreibenden Einrichtung mit zwei Ziffern, auf jeder Seite eine, versehen, so hätte man die neun einfachen Zahlzeichen nebst der Null zur Disposition und könnte diese von den Einheiten an bis zur vierten dekadischen Ordnung combiniren, so daſs auf jeden Fall eine mehr als hinreichende Menge von Zahlen zur Bezeichnung der im Chiffer-Wörterbuche nöthigen Worte vorhanden wäre. Stellen wir uns aber vor, daſs durch Erzeugung eines elektrischen Stromes auf der einen Station entweder eine oder mehrere, bis fünf der genannten Nadeln, auf der zweiten Station bewegt würden, so gäben die sich gleichzeitig drehenden Scheiben die erforderliche Zahl an, welche der Beobachter bloſs aufschreiben müſste, damit das Telegraphiren schneller bewerkstelligt würde und die gegebenen Zeichen ihm selbst unbekannt blieben, indem deren Aufsuchung dem Dechiffreur anheim fiele.

Die Art der Elektricitäts-Erzeugung, welche Schilling v. Canstadt anwandte, war die hydroelektrische und die Methode der Anwendung die einfachste, wie sie sich gleichsam

---

1 Prof. Morse beschäftigt sich seit einigen Jahren mit elektro-telegraphischen Versuchen, wobei er die hydroelektrische Säule anwendet. Die schnell sich folgenden Oscillationen bezeichnen Zahlen, welche dekadisch zusammengehören, wenn sie in kurzen Intervallen einander folgen. Sie beziehn sich auf ein telegraphisches Wörterbuch, worin die den Zahlen zugehörigen Worte enthalten sind. S. Silliman Amer. Journ. T. XXXIII. p. 185.

Digitized by Google

von selbst darbietet, und die ich blofs deswegen näher beschreibe, weil man sich derselben am bequemsten bei der Anlegung kleiner Modelle von Telegraphen in den physikalischen Cabinetten bedienen kann, um die Einfachheit und Sicherheit einer so viel versprechenden Erfindung anschaulich zu machen. Es sey A B ein schweres Klötzchen mit einem verticalen hölzernen Stäbchen g g, mit einem durch die Säge gemachten Einschnitte, um die beiden Platten Kupfer und Zink k und z mit zwischenliegendem feuchtem Leiter einzuklemmen. Fafst dann der Telegraphirende die beiden Enden Kupferdraht a und b jedes in eine Hand, und berührt damit die beiden Scheiben in derjenigen Lage, welche die Zeichnung angiebt, so geht der elektrische Strom bekanntlich vom Kupfer durch den Draht und den mit ihm verbundenen, auf der zweiten Station befindlichen Multiplicator, dann wieder zurück bis zum Zink, und die im Multiplicator aufgehangene Magnetnadel wird eine östliche Abweichung erhalten, wenn die erste Windung des Multiplicators über ihr hinläuft; kreuzt aber der Telegraphirende die Drähte und berührt er die Scheiben von der andern Seite, so wird eine westliche Abweichung erfolgen. Gleich einfach ist die Einrichtung der Scheiben, womit die Signale gegeben werden. Die Magnetnadel hängt an einem ungezwirnten Seidenfaden, wie man diese Seide bei den Knopfmachern oder Posementirern leicht erhält. Diese Fäden sind mit dem oberen Ende an einen geeigneten Träger gebunden, mit dem unteren aber an dem hölzernen Stäbchen oder dem Messingdrahte $\beta\beta$, $\beta'\beta'$ festgebunden, auf welchem die Magnetnadel N S, N′ S′ festgesteckt ist. Auf dem oberen Ende dieser kleinen Stange ist eine etwa 1,5 bis 2 Zoll im Durchmesser haltende Scheibe von Kartenpapier A, A′ so befestigt, dafs sie sich mit demselben, durch Reibung festgehalten, zugleich dreht, zugleich aber in eine für den Beobachter geeignete Lage gestellt werden kann, so dafs sie bei ruhender Nadel ihm die scharfe Seite zukehrt, bei einer östlichen oder westlichen Abweichung derselben aber die eine oder die andere Fläche zeigt. Auf diesen Flächen ist auf der einen ein verticaler, auf der andern ein horizontaler Balken gezeichnet, beide schwarz, wenn die Scheibe weifs ist, oder umgekehrt; auch bedarf es kaum der Bemerkung, dafs statt dieser beliebige andere Zeichen, zum Beispiel auch nach der

Fig. 9.

Fig. 10.

Digitized by Google

oben angegebenen Einrichtung auf 5 Scheiben 0 und 5, 1 und 6, 2 und 7, 3 und 8, 4 und 9 gewählt werden könnten. Zur noch näheren Bezeichnung der ganzen Vorrichtung endlich möge auch die Zeichnung des Kästchens mit dem Multiplicator und der darin aufgehangenen Nadel dienen, wie dieses im verticalen Durchschnitte dargestellt ist. Die Nadel NS und der sie umgebende Multiplicator sind für sich klar, auch sieht man die Drahtenden des letzteren, die durch den Deckel in die Höhe gehn. Nach der von Schilling v. Canstadt gewählten Einrichtung befanden sich diese Enden in kleinen hölzernen Bechern p mit Quecksilber; da aber durch Lenz, Gauss und Andere bewiesen worden ist, daſs bloſse metallische Berührung genügt, so ist es besser, diese Enden im Deckel so festzuklemmen, daſs man die Enden der Rheophore neben sie einsteckt und somit metallische Berührung hervorbringt, wodurch zugleich die Erzeugung eines isolirenden Oxydüberzugs der Drahtenden in Folge ihrer Amalgamirung vermieden wird. Die Scheibe A in ihrer Ruhe und bei der angenommenen Stellung der Nadel im magnetischen Meridiane zeigt dem Beobachter ihre scharfe Seite; wenn aber die Nadel durch den elektrischen Strom abgelenkt ist, so wird die eine oder die andere Fläche mit dem darauf befindlichen Zeichen dem Beobachter zugewandt. Damit jedoch die Nadel bei einer stärkeren elektrischen Erregung nicht um ihre verticale Axe in einem ganzen Kreise einmal oder mehrmal herumgeschleudert werde, muſs irgendwo eine kleine Strebe aufgerichtet werden, welche die Nadel hindert, mehr als 90 Grad abzuweichen. Endlich zeigt die Figur den kleinen Telegraphen, wie er zum Beobachten der auf der ersten Station gegebenen Zeichen eingerichtet ist, man übersieht aber bald, daſs auch die Drahtenden k und z aus ihrer Verbindung mit den Enden des Multiplicators genommen und nach der oben beschriebenen Methode mit der Zink- oder Kupferplatte der einfachen Volta'schen Säule in Berührung gebracht werden können, um von der zweiten nach der ersten Station, wo sich ein gleicher Apparat befindet, rückwärts zu telegraphiren.

Fig. 11.

Man ersieht aus dieser Darstellung, daſs die ganze Aufgabe des Telegraphirens auf die angegebene Weise im höchsten Grade einfach ist und selbst durch solche Personen verrichtet werden kann, die von physikalischen Gesetzen und so-

Digitized by Google

gar von der Operation, die sie mechanisch nach Anweisung verrichten, gar keine Kenntnifs haben, wie denn auch wirklich Schilling v. Canstadt seinen ganz ungebildeten Bedienten als Gehülfen bei seinen Versuchen gebrauchte. Gauss, welcher bei seinen erschöpfenden Untersuchungen über den Magnetismus die Operation des Telegraphirens, als unmittelbar zum Elektromagnetismus gehörend, nicht unbeachtet lassen konnte, behandelte die Aufgabe mehr aus dem eigentlich wissenschaftlichen Standpuncte, wohl wissend, dafs die aus einer genauen Kenntnifs der Sache demnächst zu entnehmenden praktischen Hülfsmittel sich seiner Zeit von selbst schon finden würden. Durch eine Drahtleitung vom physikalischen Cabinette in der Stadt aus bis zur Sternwarte und zurück, nebst einer Menge von zwischenliegenden Drähten, deren ganze Länge weit über eine geographische Meile beträgt, wurde zuerst das Verhältnifs der Länge des Leitungsdrahtes zur Stärke der erregten Elektricität ausgemittelt, und als Resultat die Ueberzeugung gewonnen, dafs der elektrische Strom sich auf diese Weise bis zu den gröfsten Entfernungen, die man für diesen Zweck nur verlangen kann, fortpflanzen lasse, so dafs eine Verbindung von Petersburg und Paris durch dieses Mittel nicht aufser dem Bereiche der Möglichkeit liegen würde. Zunächst kamen dann die Mittel der Elektricitäts-Erregung zur Untersuchung. Hierbei konnte es dem scharfsinnigen Forscher nicht entgehn, dafs die einfache hydroelektrische Säule sich als bequemstes Mittel sogleich darbietet, wobei dann das Resultat des bereits erwähnten Versuches, wonach zwei nur kleine Platten, durch eine mit reinem Wasser getränkte Papierscheibe verbunden, schon zur Ablenkung der gröfsten Magnetnadel genügen, als unerwartetes Ergebnifs zum Vorschein kam; allein dabei liefs sich bei tieferem Eingehen in das Wesen der Aufgabe nicht verkennen, dafs der durch einen Stahlmagnet erzeugte elektrische Strom insofern einen Vorzug verdient, als dieser (bei gehöriger Behandlung) im Verlaufe einer längeren Zeit nicht geschwächt wird und daher im Anfange und Fortgange stets von gleicher Stärke zu erhalten ist. Da aber für jetzt bei einer etwa beabsichtigten Anwendung im Grofsen erst noch eine andere Schwierigkeit zu beseitigen ist, wie wir bald sehen werden, und aufserdem die neueren Erfahrungen zeigten, was für mächtige elektrische Ströme durch kräftige

Digitized by Google

Magnete erregt werden können, so abstrahirte Gauss vor der Hand von der Aufsuchung einer zur Erregung der Magneto-Elektricität für diesen speciellen Fall geeigneten Maschine, so wie der zu wählenden Chiffern, weil diese Aufgaben keineswegs unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg legen werden, und verfolgte einstweilen erst anderweitige wissenschaftliche Forschungen. Inzwischen brachte er eine Methode des Telegraphirens vermittelst Magneto-Elektricität in Anwendung, die wegen ihrer Einfachheit, Eleganz und Vollständigkeit vorzugsweise Beachtung verdient, wenn sie gleich geübtere Experimentatoren erfordert und für bloſs mechanische Arbeiter sich nicht eignet.

Fig. 12. Das Magnetometer[1] von Gauss besteht bekanntlich aus einem 18 bis 36 Zoll langen, 3 bis 6 Lin. dicken und 15 bis 24 Lin. breiten Magnetstabe, welcher vermittelst des Schiffchens CC entweder mit der breiten oder der schmalen Seite aufliegend und so, daſs diese Lagen gewechselt werden können, an einem im Torsionskreise BB befestigten Faden G freischwebend aufgehangen ist. Das Schiffchen ist deswegen zum Umlegen des Magnetes eingerichtet, damit man den Spiegel genau mit seiner Ebene perpendiculär auf die magnetische Axe des Stabes richten kann, und der Torsionskreis dient dazu, statt des Magnetes einen diesem gleich gestalteten Messingstab, den sogenannten *Torsionsstab*, einzulegen und diesen durch Umdrehung des Torsionskreises in den magnetischen Meridian zu bringen, wodurch die Torsion des tragenden Fadens oder Drahtes aufgehoben wird. Bei bedeutender, über 10 bis 12 Fuſs betragender Höhe und groſsem Gewichte des Magnetstabes wählt man zum Aufhängen einen Eisendraht von etwa doppelt so groſser Tragkraft, als das Gewicht des Stabes beträgt, im entgegengesetzten Falle und bei weitem am häufigsten eine Kette von Cocon-Fäden oder ungezwirnten Seidenfäden, indem man diese um zwei einander parallele, einen

1 Da dieser merkwürdige Apparat im Art. *Magnet* bloſs im Allgemeinen beschrieben, aber nicht gezeichnet worden ist, so hole ich dieses um so mehr hier nach. Eine detaillirte Beschreibung findet man in: Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1836. Herausgeg. von Carl Friedrich Gauss und Wilhelm Weber. Gött. 1837.

bis zwei Fuſs von einander abstehende Glasstäbe wickelt, dann die so erhaltenen Glieder herabzieht und durch bloſses Uebereinanderhängen verbindet, wobei die so gebildete Kette auch nur etwa die doppelte Stärke des zu tragenden Gewichtes haben muſs. An dem einen Ende des Magnetstabes wird der Spiegelhalter F F mit seiner Hülse E aufgesteckt und durch 6 Klemmschrauben, zwei an jeder schmalen Seite und zwei über der breiteren befindliche, in gehöriger Lage festgehalten; zwei Paare Correctionsschrauben, wovon nur das eine *vv* in der Zeichnung sichtbar ist, gestatten dann, den zwischen den in Nuthen verschiebbaren Klemmschrauben k k k festgehaltenen Spiegel s s mit seiner Ebene auf die magnetische Axe des Stabes perpendiculär einzustellen. Um endlich den Magnetstab auf den Fall, daſs die Declination sich im Laufe der Zeit merklich ändern sollte, in einer auf den magnetischen Meridian senkrechten Richtung bewegen, zugleich auch die unausbleibliche Verlängerung des ihn tragenden Fadens bequem corrigiren zu können, ist eine sinnreich ausgedachte, auch bei der anfänglichen Herstellung des Apparats sehr nützliche Vorrichtung gewählt. Ein Bret A A mit einer Nuth wird an der Decke des Zimmers festgeschraubt. In der Nuth ist die Leiste D D in einer auf den magnetischen Meridian lothrechten Richtung verschiebbar und wird nach Herstellung der erforderlichen Lage durch eine seitwärts angebrachte hölzerne Klemmschraube festgestellt. Von der Leiste gehn die beiden messingnen Träger E und E′ herab, in denen die Schraube T befestigt ist, über deren Windungen sich der tragende Faden legt, und indem die Schraube mit ihrem Gewinde sich in dem einen Träger E′ stets ebenso viel vorwärts oder rückwärts schraubt, als der Faden nach der entgegengesetzten Seite weiter rückt, so bleibt letzterer unverrückt an seinem ursprünglichen Orte. Im magnetischen Meridiane, dem Spiegel gegenüber, in gehöriger Entfernung[1], befindet sich die Scale S S mit umgekehrten Zahlen, damit ein gerades, vom Spiegel reflectirtes Bild im Fernrohre F gesehen werde. Vor dem Objective des Fernrohrs endlich hängt an einem dünnen dunklen Faden ein kleines Senkel herab, so daſs dieser Faden,

Fig. 13.

Fig. 14.

1 Die normale für die correspondirenden Beobachtungen beträgt 5 Meter von der Mitte der Dicke des Spiegels bis zur Scale.

welcher die Scale genau berührt und zugleich durch die geometrische Axe des Fernrohrs geht, mit dem Faden, woran der Magnetstab hängt, parallel, sich zugleich in der Ebene des magnetischen Meridians befindet, die magnetische Axe des Stabes schneidet und eine Abtheilung der Scale unveränderlich bezeichnet, von welcher das Magnetometer bei seinen unaufhörlichen Schwankungen östlich oder westlich abweicht. Der Sicherheit wegen hängt der Magnetstab in einem Kasten, durch dessen beweglichen, aus zwei Theilen zusammengesetzten Deckel der Faden durch eine nicht grofse, vermittelst kleiner Deckel noch obendrein gegen Staub geschützte Oeffnung herabhängt und welcher dem Fernrohre gegenüber nur eine Oeffnung etwa von der Gröfse des Spiegels hat, um die von letzterem reflectirten Scalentheile abzulesen. Dafs endlich das Fernrohr mit einem Fadenkreuze versehn seyn müsse, um vermittelst des verticalen Fadens desselben die Scalentheile scharf zu bezeichnen, darf blofs bemerkt werden.

Hat man eine deutliche Vorstellung von der Schärfe, mit welcher die Oscillationen eines so eingerichteten Magnetstabes sich beobachten lassen, so ist es nicht schwer, die sinnreiche Art, wie Gauss diesen Apparat zum Telegraphiren benutzt, klar zu übersehn. In dem Kasten des Magnetometers ist zu beiden Seiten des Stabes ein Rahmen befestigt, dessen beide Theile an dem Ende, wo sich der Spiegelhalter befindet, drei bis vier Zoll von einander abstehn, am andern Ende aber sich berühren. Um eine Rinne in den äufseren Kanten dieses Rahmens ist der Draht des Multiplicators so gewunden, dafs der Stab, von diesen Windungen umgeben, zwischen ihnen oscillirt. Man begreift bald, dafs auf gleiche Weise, als die geringsten Schwankungen des Magnetes in Folge des langen Radius ausnehmend vergröfsert im Fernrohre wahrgenommen werden, auch die östlichen und westlichen Abweichungen desselben, wenn ein elektrischer Strom den Multiplicator durchläuft, sofort wahrnehmbar seyn müssen. Bis soweit entfernt sich jedoch die Einrichtung nicht von der gewöhnlichen und bekannten; überraschend aber wegen der Mannigfaltigkeit der Zeichen, welche Gauss durch die einfachsten Mittel zu erhalten wufste, ist diejenige Art des Telegraphirens, deren er sich gewöhnlich bedient. Der Magnetstab ist zwar nie absolut ruhig, sondern oscillirt in Folge der unausgesetzten Varia-

Digitized by Google

tion der Declination fortwährend, allein diese Oscillationen sind langsam, indem eine jede Schwingung grofser Stäbe 20 bis 30 Secunden dauert; wenn aber ein elektrischer Strom den Multiplicator durchläuft, so zeigt sich vermittelst dieser Vorrichtung augenfällig, dafs die auf den Magnet hierdurch hervorgebrachte Wirkung nur auf ein verschwindendes Zeitmoment beschränkt ist, denn die Bewegung ist eine augenblickliche, gleichsam ein Zucken, wodurch der Magnetstab plötzlich zur Seite gestofsen wird. Ist dann die elektrische Erregung gleichfalls eine momentane, sofort wieder aufhörende, so kommt auch der Magnetstab nach der beobachteten Zuckung wieder zur Ruhe oder zu seinen gewöhnlichen Oscillationen zurück; allein man begreift bald, dafs diese Zuckungen sich in beliebig kurzen Intervallen wiederholen müssen, sobald es möglich ist, die elektrischen Erregungen auf gleiche Weise zu wiederholen. Man kann zwar leicht mit der von Schilling v. Canstadt gebrauchten Scheibe die einzelnen Drehungen ziemlich schnell wiederholen und diesemnach mit einer einzigen eine hinlängliche Menge von Combinationen erhalten, wenn man z. B. das Erscheinen des verticalen Streifen durch A, des horizontalen durch B, zwei folgende des verticalen durch C, zwei des horizontalen durch D u. s. w. bezeichnet oder noch einfacher diese Combinationen als Zahlen betrachtet, allein dieses ist auf jeden Fall länger dauernd und leichter Verwirrung erzeugend, als die sogleich zu beschreibende sinnreiche Methode. Wenn man die der westlichen Abweichung des Magnetstabes zugehörenden, mit der Zahlenreihe der Scalentheile fortlaufenden Zuckungen durch +, die entgegengesetzten durch — bezeichnet, so kann man eine beliebige Menge zu + oder zu — gehörige auf einander folgen oder beide mit einander wechseln lassen und hat auf diese Weise eine genügende Menge von Combinationen unmittelbar gegeben. Die Aufgabe kommt also darauf zurück, elektrische Ströme in möglichster Schnelligkeit nach einander zu erregen; denn die dadurch erzeugten Zuckungen sind so auffallend, dafs sie von jedem, wenn auch ungeübten, Beobachter leicht und genau erkannt werden.

Der Methoden, um durch einen Stahlmagnet einen elektrischen Strom zu erzeugen, giebt es verschiedene, und da dieser Zweig der Wissenschaft noch neu ist, so läfst sich er-

Digitized by Google

warten, daſs die hierzu geeigneten Vorrichtungen noch zahlreiche Verbesserungen und Vervielfältigungen erhalten werden; auf jeden Fall ist noch keine Maschine bekannt, die hierfür allgemein als die tauglichste angesehn würde. Sofern daher unser Werk zunächst nicht dazu bestimmt ist, Neues aufzusuchen, sondern vielmehr das Bekannte systematisch zusammenzustellen, kann die Bestimmung einer hierzu am meisten geeigneten Vorrichtung nicht eigentlich gefordert werden; inzwischen wird man es nicht überflüssig finden, wenn ich aus dem bisher bekannt Gewordenen einige hierauf bezügliche Ideen angebe. Gauss wendet ein neues und ihm eigenthümliches, für seine Zwecke sehr geeignetes Verfahren an. Ein oder zwei starke magnetische Stahlstäbe SS, jeder 25 Pfund oder darüber schwer, stehn lothrecht in einer Art Schemel, mit dem Nordpole die Erde berührend. Die obere Platte des Schemels, welche fast bis in die Mitte der Stäbe reicht, ist zur Verhütung des harten Aufstoſsens gepolstert, was jedoch begreiflich zum Wesen der Sache nicht gehört. Auf diese Stäbe ist ein hölzerner Rahmen rr mit zwei starken Handhaben geschoben, um welchen übersponnener Kupferdraht von geeigneter Dicke in hinlänglich zahlreichen, vielen Windungen gewickelt ist und dessen Weite eine schnelle Bewegung auf den Stäben gestattet. Die beiden Enden des Drahtes führen vermittelst dünnerer Verbindungsdrähte bis zu den Enden des Multiplicators, in welchem das Magnetometer frei schwebt. Befindet sich der Rahmen mit dem umgewundenen Kupferdrahte, mit einem Worte der *Inductions-Multiplicator*, in der Mitte in Ruhe, so kommt bekanntlich keine Inductionselektricität zum Vorschein, bewegt man ihn aber schnell zum Südpole oder überhaupt nach einem Ende hin, so entsteht im Inductions-Multiplicator ein elektrischer Strom, welcher den elektrischen Multiplicator durchläuft und den Magnetstab desto stärker zur Abweichung bringt, je schneller und über einen je längeren Raum des Magnetstabes man den Rahmen hinführt. Es scheint, als gebe ein möglichst schnelles Herabziehen des Inductionsmultiplicators vom Magnetstabe über eines seiner Enden (Pole) hinaus die Grenze der Stärke eines solchen elektrischen Stromes; allein sie läſst sich vielmehr noch verdoppeln, wenn man die Fertigkeit besitzt, den schnell über das Ende des Magnetstabes hinausgehobenen Inductionsmultiplicator eben-

Fig. 15.

so rasch in der Luft umzukehren und wieder über den Pol des Magnetstabes zurückzuführen. Es folgt dieses zwar aus der Natur der Sache von selbst, allein eben diese einfachsten Aufgaben werden meistens am spätesten gelöst. Gauss hat es indefs in der Anstellung des angegebenen Experiments zu einer solchen Fertigkeit gebracht, dafs der dadurch erzeugte elektrische Strom nicht blofs das Magnetometer in übergrofse Schwankungen versetzt, sondern auch ganz eigentlich unerträglich auf die Nerven, namentlich des Gesichtes, wirkt. Aus dem Mitgetheilten folgt von selbst, dafs die durch eine Bewegung des Inductionsmultiplicators erzeugte Wirkung durch eine unmittelbar und gleich schnell in entgegengesetzter Richtung folgende wieder aufgehoben, folglich durch beide vereint das Magnetometer vielmehr zur Ruhe gebracht wird; wenn man dagegen nach der ersten Bewegung einen Augenblick ruht, bis die Zuckung des Magnetometers deutlich wahrgenommen worden ist, dann eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung macht, so wird dadurch eine Zuckung in entgegengesetzter Richtung erzeugt, und hieraus folgt dann von selbst, da eine schnelle Bewegung über einen nicht sehr grofsen Theil des Magnetstabes schon hinreicht, um eine Zuckung hervorzubringen, dafs man eine grofse Zahl auf einander folgender Zuckungen bald nach der einen, bald nach der andern Seite hin erzeugen und durch Combination derselben die Zeichen nach Belieben vervielfältigen kann.

Sonstige zum Telegraphiren durch Magneto-Elektricität geeignete Vorrichtungen finde ich nicht angegeben, es folgt aber von selbst, dafs dazu alle diejenigen dienen können, die zur schnellen Erzeugung eines momentanen elektrischen Stromes geeignet sind; zunächst könnte man dazu also die von Faraday angegebene Trommel oder irgend einen der bereits beschriebenen[1] magnetoelektrischen Apparate oder die durch Saxton und durch Clarcke angegebenen Maschinen[2], unter gehöriger Modification, verwenden. Weil aber keine bisher bekannt gewordene Construction solcher Maschinen einen kräftigern magnetoelektrischen Strom erzeugt, als die durch v. Et-

---

1 S. Art. *Magnet*; *Magneto-Elektricität*. Bd. VI. S. 1167.

2 London and Edinburgh Philos. Magazine. N. LIV. p. 262. N. LV. p. 360.

ETTINGSHAUSEN bei der Versammlung der Naturforscher und Aerzte zu Prag vorgezeigte, und leicht ein Mechanismus aufzufinden seyn würde, um den Anker mit dem Inductionsmultiplicator schnell unter die Pole der Magnete zu stofsen oder darunter wegzureifsen, um einen momentanen elektrischen Strom zu erzeugen, falls man diesem einen Vorzug vor einem dauernden zu geben sich veranlafst fände, so theile ich hier um so lieber eine Beschreibung derselben mit, als sie ihrer entschiedenen Vorzüge wegen allgemeiner gekannt zu werden verdient[1].

Fig. 16. A A ist ein eichenes Bret, mit einem ihm parallel laufenden zweiten BB, zwischen denen ein aus zwei horizontal liegenden und zwei vertical stehenden Bretern bestehender Kasten vermittelst einer Holzschraube rück- und vorwärts sich bewegen läfst. In dem Zwischenraume befindet sich die durch einen Würtel drehbare Scheibe, mit der Schnur ohne Ende, welche letztere zugleich um die kleine Scheibe am Anker geschlungen ist und zur schnellen Umdrehung desselben um seine verticale Axe dient, wobei durch Zurückschrauben des Behälters der grofsen Scheibe die Schnur gehörig gespannt werden kann. Ein Träger T auf dem genannten obersten Brete trägt das Tischchen mm, auf welchem die Magnete liegen und welches man vermittelst der beiden Schrauben ff etwas heben oder senken kann, um die oberen Enden des Ankers der unteren Fläche der magnetischen Hauptlamelle mehr zu nähern oder weiter davon zu entfernen. Die angewandten Magnete können gröfser oder kleiner seyn; bei der beschriebenen Maschine haben die Schenkel aller Magnete 2 Par. Zoll Breite und ebenso viel Abstand von einander. Unten liegt eine grofse Lamelle von 18 Z. Länge und 6 Lin. Dicke, flach über ihr, beider Krümmungen sich deckend, eine zweite, 14 Z. lang und 4 Lin. dick, und auf den hervorstehenden Enden der unteren sind 6 bis 9 andere Lamellen, 12 Z. lang und fast 3 Lin. dick, vertical aufgerichtet, so dafs durch Vereinigung aller gleichnamiger Pole die magnetische Kraft möglichst verstärkt wird. Die sämmtlichen Magnete werden durch das Bret bb, mit einem am Ende desselben befindlichen Kasten k,

1 Die Zeichnung ist nach einem Exemplare gemacht, welches ich dem in Prag gesehenen hier nachbilden liefs.

Digitized by Google

auf dem Tischchen festgehalten, indem eine Schraube ss von dem Bretchen bb durch die Platte m des Tischchens herabgeht und die beiden grofsen Lamellen festklemmt, zwei andere Schrauben aber, von denen nur die eine ν in der Zeichnung sichtbar ist, sämmtlich von Holz, in der hinteren Wand des Kästchens k drehbar, die vertical stehenden Lamellen gegen die vordere Wand des Kästchens drücken. Der wesentlichste Theil des Apparates ist der Anker. Dieser, massiv von Eisen, ruht mit seiner konischen Spitze in einem Lager von Glockenspeise, welches in das untere Bret eingelassen ist, dann folgt von unten aufwärts die kleine Rolle, über dieser hat die Spindel einen doppelten Conus, dessen kleinere Flächen zusammenstofsen und in einem Lager am oberen Brete BB vermittelst zweier Schrauben so festgehalten werden, dafs dadurch ein Heben des Ankers in Folge der magnetischen Anziehung unmöglich gemacht und somit ein unangenehmes Klappern vermieden wird. Hierüber befindet sich ein dickerer, etwa 2 Zoll hoher Theil α des Ankers, welcher die dem ganzen Anker mitgetheilte Elektricität annimmt und diese an den Leitungsdraht abgiebt. Die untere Hälfte des Theiles α ist bis zur Mitte, doch so, dafs die Spindel ihre gehörige Dicke behält, weggenommen, damit die Wirkung der je zweiten Verbindung der Inductionsmultiplicatoren mit dem Magnete wegfällt und damit die Umkehrung des elektrischen Stromes vermieden wird, die obere Hälfte hat eine auf diesen Ausschnitt lothrecht gerichtete Vertiefung, wie eine hohle Halbkugel von 1 Lin. Radius, in welche der eine Leitungsdraht schlägt, um den Funken energischer hervorzulocken. Ueber diesem Theile des Ankers befindet sich eine zweite Erhöhung β, die aus einem 1 Lin. dicken eisernen Ringe über einer Unterlage von Holz besteht, wobei letzteres zur Isolirung dient. Der obere flache Balken des Ankers γγ ist für sich aus der Zeichnung deutlich, und in diesen sind dann die eisernen Cylinder geschraubt, die zu Trägern der Inductionsmultiplicatoren λλ dienen, von denen die einen Enden in zwei Löcher im Balken γγ festgesteckt sind, die andern im isolirten Ringe β. Rücksichtlich der letzteren Vorrichtung unterscheiden sich die beiden zu einer vollständigen Maschine gehörigen Anker. Der eine, Quantitätsanker genannt, hat über dem Theile β noch eine Fortsetzung der Spindel, weil die Cylinder der Inductions-

Digitized by Google

Multiplicatoren nur eine Höhe von 13 Lin. haben. Um diese wird dicker übersponnener Kupferdraht von No. 1, nur 5 Ellen lang, unmittelbar gewunden. Dem zweiten Anker, Intensitäts-Anker genannt, weil er einer zusammengesetzten Volta'schen Säule und weniger, als der erstere, der einfachen gleicht, fehlt die Verlängerung der Spindel; der Balken $\gamma\gamma$ beginnt nahe über dem Stücke δ, die eisernen Cylinder sind so viel länger und mit messingnen Hülsen versehn, zwischen deren Endscheiben der übersponnene Kupferdraht, 150 Ellen lang, gewunden ist. Wenn dann der Anker unter den Magneten schnell um seine verticale Axe gedreht und dadurch in den Inductions-Multiplicatoren Elektricität erregt wird, so strömt diese, die eine durch die zwei Enden der Drähte in den Balken $\gamma\gamma$ und theilt sich dem ganzen Anker mit, die andere dagegen in den durch Holz isolirten Ring β. Es sind dann auf dem Brete BB, rechts und links vom Anker und mit diesem in einer verticalen Ebene befindlich, zwei kleine messingne Säulen δ aufgerichtet, jede an ihrer Vorderseite mit 6 Löchern versehn, um Drähte hineinzustecken, vermittelst kleiner Schrauben festzuklemmen, und wenn dann der Draht der einen Säule mit dem nicht isolirten Theile α des Ankers, der Draht der andern Säule aber mit dem isolirten Ringe β in Berührung gesetzt wird, so geht die ungleiche Elektricität beider auch an die Säulen über und ein beide verbindender Draht dient dann als Rheophor. Am auffallendsten bei dieser Maschine ist, dafs die Isolirung blofs durch Holz bewerkstelligt wird, was um so mehr Bewunderung verdient, da der erregte elektrische Strom einen feinen Platindraht von etwa 0,05 bis 0,1 Lin. dick augenblicklich zum Glühen bringt, eine den Anker berührende Stahlfeder unter stetem Funkensprühen verbrennt und, durch geeignete Conductoren den Händen zugeführt, eine durchaus unerträgliche, krampfhafte Zusammenziehungen erzeugende Wirkung hervorbringt.

Nach dieser die mir bis jetzt bekannt gewordenen Thatsachen zusammenfassenden Uebersicht scheint es wohl ausgemacht, dafs die Erregung der Elektricität durch einen Magnet für den Zweck des Telegraphirens doch die geeignetste seyn dürfte, worüber indefs für eine wirkliche Ausführung im Grofsen erst eigens angestellte Versuche entscheiden müfsten, und in diesem Umstande liegt kein wesentliches, kaum ein der

Beachtung werthes Hindernifs. Ebenso wenig wird es der heutigen Technik schwer werden, einen bequemen Mechanismus aufzufinden, die Enden der Leitungsdrähte mit der Quelle des elektrischen Stromes in Berührung zu bringen, da man sie z. B. nur durch Tasten an die Träger der Elektricität, bei einer Volta'schen Säule unmittelbar drücken könnte, wie bei den in München, nach öffentlichen Blättern, durch Steinheil angestellten telegraphischen Versuchen der Fall gewesen zu seyn scheint. Leider liegt aber noch ein gewichtiges und bis jetzt noch nicht beseitigtes Hindernifs in einem andern Umstande. Wie lang nämlich die Fortleitungsdrähte auch seyn mögen, so leiten sie den elektrischen Strom nach den bisherigen Erfahrungen ungeschwächt, so lange sie durch die Luft fortgeführt werden; gräbt man sie aber in die Erde, was doch für sehr weite Strecken unvermeidlich ist, so geht hierdurch die Isolirung verloren, mindestens soll dieses, wie mir gesagt wurde, das Resultat der Versuche im Groſsen gewesen seyn, welche Schilling v. Canstadt mit v. Jacquin in Wien angestellt hat. Ob die Engländer, welche jetzt mit der Anlage elektrischer Telegraphen ernstlich beschäftigt sind, dieses Hindernifs bereits überwunden haben, und ob das Mittel, welches Wheatstone auf der Linie von Birmingham bis Manchester gewählt haben soll, nämlich Umwickelung der kupfernen Leitungsdrähte mit Caoutchuk, das Erforderliche wirklich leistet, oder welche sonstige Substanzen zur Isolirung gewählt werden können, mufs die Zukunft entscheiden. Wenn man aber überlegt, wie viel durch diese Art des Telegraphirens mit Leichtigkeit erzielt werden kann, indem man leicht durch einen geeigneten Mechanismus vermittelst einer bewegten Magnetnadel eine Vorrichtung in Bewegung setzen könnte, um selbst einen schlafenden Beobachter aufmerksam zu machen, der dann sofort durch ein einfaches Zeichen rückwärts andeutete, dafs er den Telegraphen beobachte, dafs man bei Tage und bei Nacht ohne irgend ein Hindernifs der Witterung in unmefsbar kurzer Zeit die erforderlichen Chiffern auf die gröfste Entfernung fortzupflanzen vermöchte, und wenn man hiermit die geringen Kosten von einigen Hundert Centnern Kupferdraht (welcher wegen etwa fünffacher Leitungsfähigkeit den Vorzug vor dem Eisen verdient), die geringfügige Arbeit des Eingrabens und die Einfachheit der anzuwendenden Telegraphen zusammenstellt, so mufs man wün-

Digitized by Google

schen und hoffen, dafs die noch im Wege stehenden Hindernisse durch glücklich aufgefundene Mittel bald beseitigt werden mögen, damit die für die Wissenschaft so wichtige Entdeckung des Elektromagnetismus auch in ihrer praktischen Anwendung unerwartete Früchte trage.

M.

Teleskop.

Spiegelteleskop; *Telescopium;* Telescope; *Reflector.* So wird ein Fernrohr genannt, in welchem statt des Objectivglases *Spiegel* gebraucht werden.

Zur Beurtheilung der inneren Einrichtung dieser Teleskope müssen wir zuvor die hierher gehörenden Eigenschaften der Reflexion des Lichtes bei Spiegeln überhaupt kennen lernen, so weit diese nicht schon oben[1] vorgetragen worden sind. Beginnen wir sogleich mit den sphärischen Spiegeln, d. h. mit den polirten äufseren oder inneren Flächen der Kugelschaalen, deren Halbmesser wir gleich r setzen wollen, wenn von der inneren Fläche der Schaale oder von *Hohlspiegeln* die Rede ist. Will man dann die so erhaltenen Ausdrücke auf die äufseren Flächen jener Kugelschaalen oder auf *convexe* sphärische Spiegel anwenden, so wird man in jenen Ausdrücken nur die Gröfse r negativ setzen, und ebenso wird man die Ausdrücke für *Planspiegel* erhalten, wenn man in den vorhergehenden die Gröfse r unendlich annimmt, so dafs wir demnach auf diese Weise diese drei Gattungen von Spiegeln, und andere werden heutzutage nur selten mehr verfertigt, zugleich betrachten können.

A. Sphärische und ebene Spiegel.

Fig. 17. Sey MAM' ein sphärischer Hohlspiegel, dessen Mittelpunct C und dessen Halbmesser CA = CM = r ist. Sey ferner E ein leuchtender Punct, der in der Axe ACE des Spiegels liegt und dessen Entfernung von dem Spiegel EA = a ist. Der auf den Spiegel in M auffallende Lichtstrahl EM

1 S. Art. *Spiegel.* Bd. VIII. S. 920. *Hohlspiegel.* Bd. V. S. 506.

werde vom Spiegel in der Richtung MF zurückgeworfen und dieser zurückgeworfene Strahl schneide die Axe im Puncte F. Man suche die Entfernung $AF = \alpha$ dieses Punctes F vom Spiegel.

Da CM, der Halbmesser der Kugel, auf der Oberfläche derselben senkrecht steht, so ist EMC der Einfalls- und CMF der Reflexionswinkel, und beide Winkel sind bekanntlich einander gleich. Dieses vorausgesetzt geben die beiden Dreiecke EMC und CMF die Proportionen

$$a - r : r = \text{Sin. EMC} : \text{Sin. E}$$

und

$$r : r - \alpha = \text{Sin. F} : \text{Sin. EMC},$$

also auch

$$a - r : r - \alpha = \text{Sin. F} : \text{Sin. E}.$$

Nimmt man nun die Entfernung des Punctes M von der Mitte A des Spiegels gegen den Halbmesser desselben nur klein an, wie dieses bei allen katoptrischen Instrumenten in der That der Fall ist, und setzt man das Loth MP auf CA gleich x, so hat man, wenn man die vierten und höheren Potenzen von x vernachlässigt, was in beinahe allen Fällen eine mehr als hinreichende Näherung giebt,

$$AP = \frac{x^2}{2r}$$

und

$$\text{Sin. F} = \frac{PM}{FM} = \frac{x}{\sqrt{\left(\alpha - \frac{x^2}{2r}\right)^2 + x^2}},$$

so wie

$$\text{Sin. E} = \frac{PM}{EM} = \frac{x}{\sqrt{\left(a - \frac{x^2}{2r}\right)^2 + x^2}}.$$

Substituirt man diese Werthe von Sin. F und Sin. E in dem vorhergehenden Ausdrucke

$$\frac{a-r}{r-\alpha} = \frac{\text{Sin. F}}{\text{Sin. E}},$$

so erhält man

$$\frac{a-r}{r-\alpha} = \sqrt{\frac{a^2 - \left(\frac{a-r}{r}\right)x^2}{\alpha^2 + \left(\frac{r-\alpha}{r}\right)x^2}}$$

Digitized by Google

oder, wenn man die Gröſsen unter dem Wurzelzeichen auflöst,

$$(a-r)\alpha-(r-\alpha)a=\frac{(r-a)(r-\alpha)}{2r}\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}\right)x^2,$$

woraus endlich für die gesuchte Distanz α des Punctes F folgt

$$\alpha=\frac{ar}{2a-r}+\frac{(r-a)(r-\alpha)}{2r(2a-r)}\cdot\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}\right)x^2\ldots(\mathrm{I})$$

Diese Gleichung zeigt, daſs der Werth von α aus zwei wesentlich von einander verschiedenen Theilen besteht, von welchen der erste eine endliche Gröſse, der andere aber als eine unendlichkleine zu betrachten ist, wenn nämlich die Entfernung PM = x des äuſsersten, auf den Spiegel fallenden Strahls von der Axe CA desselben oder wenn die sogenannte *Oeffnung* des Spiegels gegen den Halbmesser r desselben sehr klein angenommen wird. Ist diese Oeffnung so klein, daſs jener zweite Theil völlig vernachlässigt werden kann, oder betrachtet man bloſs die der Axe zunächst einfallenden, d. h. die *Centralstrahlen*, so giebt die letzte Gleichung

$$\alpha=\frac{ar}{2a-r}$$

oder

$$\frac{2}{r}=\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}\ldots(\mathrm{II})$$

und diese Gleichung (II) giebt die Abhängigkeit der Gröſsen a, α und r für die Centralstrahlen.

Ist a unendlich groſs, d. h. fallen die Strahlen, aus einem unendlich entfernten leuchtenden Puncte kommend, parallel mit der Axe auf den Spiegel, so ist nach der Gleichung (II)

$$\alpha=\tfrac{1}{2}r$$

oder alle der Axe parallel und ihr sehr nahe einfallenden Strahlen vereinigen sich nach der Reflexion in einer Entfernung F vor dem Spiegel, die gleich dem halben Halbmesser des Spiegels ist. Man nennt diesen Punct F den *Brennpunct* und die Entfernung AF = $\frac{1}{2}$r die *Brennweite* des Spiegels. Bezeichnet man also die Brennweite des Spiegels durch p, so hat man

$$\frac{1}{p}=\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha},\ldots(\mathrm{III})$$

dieselbe Gleichung, die man auch für die Refraction des Lichts durch Glaslinsen findet[1].

Die Gleichung (II) oder der Ausdruck

$$\alpha = \frac{a\,r}{2a - r}$$

enthält die Erklärung aller Erscheinungen, welche man bei ebenen, hohlen und erhabenen sphärischen Spiegeln beobachtet, wenn die Strahlen aus einer grofsen Entfernung kommen und der Axe sehr nahe einfallen; also

1) *Für den Hohlspiegel.* So lange 2 a gröfser als r, ist α positiv, oder die Strahlen vereinigen sich nach der Reflexion in einem Puncte der Axe, welcher vor dem Spiegel von A gen *E* liegt. Ist a gleich r, so ist auch $\alpha = r$, oder wenn der leuchtende Punct im Centrum der Kugel liegt, so fallen alle Strahlen nach der Reflexion wieder in dieses Centrum zurück. Ist a kleiner als $\frac{1}{2}$r, oder liegt der leuchtende Punct zwischen dem Brennpuncte F und dem Spiegel A, so ist α negativ, oder die Strahlen werden *divergirend* reflectirt, als ob sie aus einem Puncte hinter dem Spiegel kämen. Ist endlich a = AE negativ oder fallen die Strahlen convergirend auf den Spiegel, so ist α positiv oder sie vereinigen sich nach der Reflexion in einem Puncte vor dem Spiegel.

2) *Für convexe Spiegel.* Für diese ist, wie gesagt, die Gröfse r in den vorhergehenden Ausdrücken negativ zu nehmen. Ist a positiv oder steht der leuchtende Punct vor dem Spiegel, so ist α negativ, d. h. das Bild desselben steht hinter dem Spiegel, oder die Strahlen werden dann divergirend reflectirt, als ob sie aus einem hinter dem Spiegel liegenden Puncte kämen. Ist aber a negativ und kleiner als $\frac{1}{2}$r, so ist α positiv. Die Brennweite p dieser convexen Spiegel endlich ist negativ oder, wie man sagt, imaginär, da

$$p = -\tfrac{1}{2}r$$

ist, daher diese Spiegel nicht zu Brennspiegeln[2] geeignet sind.

3) *Für ebene Spiegel.* Für diese ist $r = \infty$, also auch $\alpha = -a$, oder die Strahlen werden von einem ebenen Spie-

1 Vergl. Art. *Linsenglas.* Bd. VI. S. 882.

2 Vergl. Artt. *Brennspiegel*, *Hohlspiegel*, *Kugelspiegel*.

Digitized by Google

gel unter derselben Neigung, in welcher sie auffielen, und zwar so divergirend reflectirt, als ob sie aus einem Puncte kämen, der ebenso weit hinter dem Spiegel liegt, als der leuchtende Punct vor demselben ist.

B. Abweichung wegen der Gestalt.

Betrachten wir nun auch den zweiten Theil der Gleichung (I), den wir der Kürze wegen durch V bezeichnen wollen, so daſs man hat

$$V = \frac{(r-a)(r-\alpha)}{2r(2a-r)} \cdot \left(\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}\right) x^2.$$

Substituirt man in diesem Ausdrucke statt $\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}$ die Gröſse $\frac{1}{p}$ aus (III) und überdieſs den Werth von r aus (II), so hat man

$$V = -\frac{(a-\alpha)^2 . x^2}{8a^2 p} \dots \quad (IV)$$

Bezeichnet also f den Vereinigungspunct der nahe bei der Axe und F der weiter von der Axe oder der am Rande des Spiegels einfallenden Strahlen, so ist nach der Gleichung (II)

$$Af = \alpha = \frac{ar}{2a-r}$$

und überdieſs nach (IV)

$$fF = V = \frac{(a-\alpha)^2 . x^2}{8a^2 p},$$

wo $p = \frac{1}{2} r$ die Brennweite des Spiegels bezeichnet.

Diese Gröſse V ist also derjenige Theil der Axe, auf welchem die aus dem Puncte E kommenden und von dem Spiegel reflectirten Strahlen zerstreut werden, indem die der Axe zunächst einfallenden Strahlen nach f und die den Rand des Spiegels treffenden Strahlen nach F zurückgeworfen werden. Diese Zerstreuung $Ff = V$ sollte aber eigentlich gleich Null seyn, da nur dann das Bild, welches der Spiegel von dem leuchtenden Puncte E entwirft, wieder ein einziger Punct seyn wird, was offenbar erforderlich ist, wenn der Spiegel von jedem leuchtenden Puncte ein bestimmtes und reines Bild geben soll. Die Kugelflächen sind also der Art, daſs sie kein

Digitized by Google

solches reines Bild geben können, da diese Flächen die Eigenschaft haben, daſs sie die Centralstrahlen in einen ganz andern Punct der Axe reflectiren, als die Randstrahlen, und daſs die Distanz $Ff = V$ dieser zwei Puncte im Allgemeinen nur dann sehr klein ist, wenn auch die halbe Oeffnung MP oder MA, d. h. wenn die Gröſse x sehr klein ist. Diesem Uebelstande abzuhelfen, war man schon sehr früh nach der Erfindung der Spiegelteleskope darauf bedacht, andere Flächen aufzusuchen, welche die Eigenschaft haben, daſs sie die Central-, so wie die Randstrahlen sämmtlich in denselben Punct der Axe zurückwerfen. Allein man hat bald gefunden, daſs diese krummen Flächen sich wohl durch Hülfe der Geometrie in der Theorie sehr leicht bestimmen lassen, daſs aber ihre praktische Ausführung für den Künstler so gut als unmöglich ist, so daſs man also wieder zu den Kugelflächen zurückgehn muſste, die sich allein mit der hier erforderlichen Genauigkeit ausführen lassen. Man nennt diese Gröſse V die *Abweichung wegen der Kugelgestalt* des Spiegels oder auch die *sphärische Abweichung*, und es ist daher nur noch übrig, diese Abweichung, die man bei der Kugel nicht ganz wegbringen kann, wenigstens so klein oder so unschädlich als möglich zu machen.

Bemerken wir hier zuerst, daſs diese Abweichung, welche die Spiegel mit den Glaslinsen für dioptrische Fernröhre gemein haben, da beide von Kugelflächen begrenzt werden, bei den Spiegeln im Allgemeinen viel kleiner ist als bei den Linsen. Denn für parallele Strahlen, wo $a = \infty$ ist, hat man für Spiegel oder für katoptrische Fernröhre nach dem Vorhergehenden

$$V = \frac{x^2}{8p} = 0{,}125 \frac{x^2}{p},$$

für eine Linse aber, welche dieselbe Oeffnung 2x und dieselbe Brennweite hat, ist diese Abweichung[1]

$$V' = \frac{\mu^2 . x^2}{2(1-\mu)^2 . p}.$$

Setzt man in der letzten Gleichung das Brechungsverhältniſs, wie es bei dem Glase statt zu haben pflegt, $\mu = 0{,}58$, so erhält man

1 S. Art. *Linsenglas*. Bd. VI. S. 399.

$$V' = 0,952 \frac{x^2}{p}$$

und daher

$$\frac{V'}{V} = \frac{0,952}{0,125} = 7\tfrac{3}{5}$$

oder die sphärische Abweichung ist bei Linsen $7\frac{3}{5}$mal gröfser, als bei Spiegeln. Daraus folgt, dafs die Spiegel in dieser Beziehung einen grofsen Vorzug vor den Linsen haben, da sie für dieselbe Brennweite p eine viel gröfsere Oeffnung x vertragen. Ein anderer, wohl noch gröfserer Vortheil derselben besteht darin, dafs sie das Licht nicht, wie die Linsen, in seine einzelnen Farben zerlegen und dafs daher die *chromatische Abweichung*[1] bei den Spiegeln ganz wegfällt.

Dafür scheinen sie aber einen weit gröfseren Theil des auf sie einfallenden Lichts zu absorbiren, als die Linsen, wodurch daher das von ihnen entworfene Bild nicht mehr dieselbe Helligkeit hat, wie bei Linsen von gleicher Oeffnung. Endlich sind auch die Metallspiegel von hoher Politur, wenn sie der freien Luft ausgesetzt werden, der Oxydation an ihrer Oberfläche unterworfen, wodurch sie oft gänzlich unbrauchbar werden. Wenn die Oeffnung des Spiegels nur klein ist, so ist der Winkel MFA, unter welchem die Randstrahlen nach ihrer Reflexion die Axe schneiden,

$$MFA = \frac{PM}{PF} = \frac{x}{\alpha},$$

wie bei den Linsen. Zieht man durch den Vereinigungspunct f der Centralstrahlen ein Loth fS auf die Axe und verlängert den äufsersten Reflexionsstrahl MF, bis er dieses Loth in S schneidet, so gehen alle von E austretenden Strahlen, die auf den Spiegel MAM′ fallen, nach ihrer Reflexion durch einen kleinen Kreis, dessen Mittelpunct f und dessen Halbmesser fS ist. Man nennt diesen Halbmesser, den wir durch R bezeichnen wollen, die *Seitenabweichung* des Spiegels, während Ff = V die *Längenabweichung* desselben heifst. Diese Seitenabweichung hat zu ihrem Ausdruck

$$R = fF \,.\, \text{Tang.}\, fFS = \frac{(a-\alpha)^2}{8a^2\alpha} \cdot \frac{x^3}{p}.$$

1 S. Art. *Linsenglas*. Bd. VI. S. 393.

Digitized by Google

B. Sphärische Abweichung eines Systems von Spiegeln.

Da aber unsere Teleskope gewöhnlich aus mehreren Spiegeln bestehn, so müssen wir auch die Abweichung eines Systems von Spiegeln näher kennen lernen. Zu diesem Zwecke wollen wir wieder dieselben allgemeinen Ausdrücke, die wir schon oben[1] angeführt haben, mit derselben Bedeutung der dort gebrauchten Zeichen a, a', a''... α, α', α''... u. s. w. auch hier voraussetzen. Diesem gemäfs nehmen wir die Buchstaben P, P', P''.. so an:

$$P = \frac{\mu}{p}\left(\frac{\lambda}{p^2} + \frac{\nu}{a\alpha}\right)$$

$$P' = \frac{\mu'}{p'}\left(\frac{\lambda'}{p'^2} + \frac{\nu'}{a'\alpha'}\right)$$

$$P'' = \frac{\mu''}{p''}\left(\frac{\lambda''}{p''} + \frac{\nu''}{a''\alpha''}\right) \text{ u. s w.,}$$

dann ist nach der angeführten Gleichung (III)[2] die *Seitenabweichung* oder der Halbmesser R für eine Linse

$$R = \frac{a x^3}{4p} . P,$$

für zwei Linsen

$$R' = \frac{\alpha x^3}{4p'}(P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 . P'),$$

für drei Linsen

$$R'' = \frac{\alpha' x^3}{4p''}(P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 P' + \left(\frac{a' a''}{\alpha\alpha'}\right)^4 P'')$$

und so fort. Drückt nun m die Vergröfserung dieses Linsensystems aus, und ist h die Entfernung (nahe 8 Zoll), in welcher ein gutes, unbewaffnetes Auge die kleinsten Theile der Gegenstände noch erblickt, so ist für eine Linse

---

1 S. Art. *Mikroskop.* Bd. VI. S. 2194.

2 Man bemerke, dafs in dem zweiten Gliede der zweiten Gleichung (III) durch einen Druckfehler der Factor $\left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4$ weggelassen ist, so dafs dieses Glied gleich

$$\left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 . \frac{\mu'}{p'}\left(\frac{\lambda'}{p'^2} + \frac{\nu'}{a'\alpha'}\right)$$

zu setzen ist.

Digitized by Google

$$m = \frac{h}{p}$$

und für zwei

$$m = -\frac{h}{a}, \text{ so wie } p' = \frac{\alpha h}{a m}.$$

Dieses vorausgesetzt hat man daher für jede Anzahl von Linsen

$$R = \frac{m a x^3}{4h}\left[P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 . P' + \left(\frac{a'a''}{\alpha\alpha'}\right)^4 . P'' + \left(\frac{a'a''a'''}{\alpha\alpha'\alpha''}\right)^4 . P''' + ..\right].$$

Wir wollen diesen für ein System von Linsen erhaltenen Ausdruck auf eine gegebene Anzahl von Spiegeln anzuwenden
Fig. 18. suchen. Zu diesem Zwecke seyen A und B zwei Hohlspiegel und deren gemeinschaftliche Axe AB. Die Brennweite des ersten Spiegels sey p und a die Distanz des leuchtenden Puncts von diesem Spiegel. Nach der Reflexion sollen die Strahlen, die nahe bei der Axe auf den Spiegel A fallen, diese Axe in F, die Strahlen aber, die unter der Distanz x von der Axe auf den Spiegel fallen, dieselbe Axe in f treffen, so dafs man nach dem Vorhergehenden für die Längenabweichung V haben wird

$$Ff = V = -\frac{(a-\alpha)^2 . x^2}{8 a^2 p}.$$

Des zweiten Spiegels B Brennweite sey p' und seine halbe Oeffnung

$$x' = \frac{a' x}{\alpha}.$$

Die aus F und f kommenden Centralstrahlen sollen von diesem zweiten Spiegel resp. in G und γ die Axe treffen, und die aus f kommenden, aber auf den Spiegel in der Entfernung x' von der Axe auffallenden Strahlen sollen nach ihrer Reflexion die Axe in g treffen, so dafs demnach Gg die gesuchte Längenabweichung beider Spiegel seyn wird. Es ist aber

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{\alpha'},$$

also auch

$$\partial \alpha' = -\frac{\alpha'^2}{a'^2} . \partial a'.$$

Setzt man demnach $Ff = \partial a'$, so wird $G\gamma = \partial \alpha'$ seyn, oder man wird haben

$$G\gamma = -\frac{\alpha'^2}{a'^2}\cdot\frac{(a-\alpha)^2}{8a^2p}\cdot x^2.$$

Die Längenabweichung aber, die blofs vom zweiten Spiegel B abhängt, wird $g\gamma$ seyn, und man wird den Ausdruck für $g\gamma$ erhalten, wenn man in dem obigen Ausdrucke von Ff

die Gröfsen a, α, p, x

in a', α', p', x'

verwandelt, so dafs man hat

$$g\gamma = -\frac{(a'-\alpha')^2\, x'^2}{8a'^2p'}$$

oder, da $x' = \frac{a'x}{\alpha}$ ist,

$$g\gamma = -\frac{(a'-\alpha')^2\, x^2}{8\alpha^2 p'}.$$

Da nun $Gg = G\gamma + g\gamma$ ist, so hat man auch, wenn man die vorhergehenden Werthe von $G\gamma$ und $g\gamma$ substituirt,

$$Gg = -\left[\frac{\alpha'^2}{a'^2}\cdot\frac{(a-\alpha)^2}{8a^2p} + \frac{(a'-\alpha')^2}{8\alpha^2p'}\right]\cdot x^2.$$

Setzt man also

$$P = \frac{(a-\alpha)^2}{8a^2\alpha^2p} \text{ und } P' = \frac{(a'-\alpha')^2}{8a'^2\alpha'^2p'},$$

so hat man auch

$$Ff = -\alpha^2P^2 . x^2$$

und

$$Gg = -\frac{\alpha^2\alpha'^2}{a'^2}\left(P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 . P'\right).$$

Vergleicht man aber diese Ausdrücke der Längenabweichung bei zwei Spiegeln mit den oben für zwei Linsen erhaltenen Ausdrücken, so sieht man sofort, dafs beide unter sich identisch sind und dafs man daher auch den oben für zwei und mehr Linsen erhaltenen Ausdruck der Seitenabweichung R unverändert für zwei Spiegel wird anwenden können, so dafs man daher auch hier für die Seitenabweichung von zwei oder mehr Spiegeln haben wird

$$R = \frac{m a x^3}{4h}\left[P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 . P' + \left(\frac{a'a''}{\alpha\alpha'}\right)^4 . P'' + \left(\frac{a'a''a'''}{\alpha\alpha'\alpha''}\right)^4 . P''' + ..\right]$$

wie zuvor, wo wieder m die Vergröfserung[1] des Teleskops

1 S. Art. *Mikroskop*. Bd. VI. S. 2196. Gleichung (1).

Digitized by Google

bezeichnet und wo, wenn der Gegenstand oder der leuchtende Punct sehr weit von dem ersten Spiegel absteht oder wenn die Strahlen, wie bei allen Teleskopen, auf den ersten Spiegel parallel einfallen, die Gröfse $a = \infty$ und $\alpha = p$, das heifst, wo α gleich der Brennweite p des ersten Spiegels ist, so dafs man dann

$$P = \frac{1}{8p^3}$$

haben wird.

Für die Ausübung läfst sich übrigens der vorhergehende Ausdruck für R noch bedeutend vereinfachen, ohne dadurch der Genauigkeit wesentlichen Abbruch zu thun. Unsere Teleskope bestehn nämlich alle nur aus zwei Spiegeln, von welchen der eine noch dazu nur sehr klein, in Beziehung auf den andern, ist. Da für einen kleinen Spiegel auch die Oeffnung x nur sehr klein seyn kann, so wird auch der Einflufs desselben auf die Gröfse der sphärischen Abweichung nur sehr gering seyn können, und dasselbe mufs auch vom Einflufs der verschiedenen Oculare gesagt werden, welche gewöhnlich mit diesen Spiegeln verbunden sind. Läfst man also in dem letzten Ausdrucke für R die Gröfsen P', P'', P'''.. als unbedeutend weg und setzt wieder wie zuvor

$$P = \frac{1}{8p^3},$$

so erhält man für die gesuchte Seitenabweichung des Teleskops den sehr einfachen Ausdruck

$$R = \frac{mx^3}{32p^3}.$$

Es ist aber aus den ersten Gründen der Construction eines jeden Fernrohrs bekannt, dafs jede gegebene Oeffnung x einer Objectivlinse oder eines Spiegels nur eine gewisse Vergröfserung m als Grenze zuläfst, die man nicht überschreiten kann, ohne die Bilder undeutlich zu machen, dafs also im Allgemeinen die Vergröfserung m durch die Gleichung

$$m = b.x$$

dargestellt werden kann, wo b eine Constante ist, die im Allgemeinen für jedes Fernrohr oder für jedes Teleskop besonders bestimmt werden soll. Substituirt man aber diesen Werth von m in den vorhergehenden Ausdruck von R, so erhält man

$$R = \frac{b x^4}{32 p^3}$$

und aus dieser Gleichung folgt der für die Construction der Teleskope wichtige Satz, dafs, wenn die Seitenabweichung R derselben unverändert bleiben soll, die Würfel der Brennweite des grofsen Spiegels sich verhalten müssen wie die vierten Potenzen der Oeffnung.

C. Ort und Gröfse des Bildes.

Um nun auch die Lage und Gröfse des Bildes, welches von einem gegebenen Gegenstande von dem sphärischen Spiegel erzeugt wird, zu bestimmen, sey E e der auf der Axe A C E des Spiegels M A M' senkrecht stehende Halbmesser eines leuchtenden Objects, und F f das Bild, welches der Spiegel von diesem Gegenstande entwirft. Ist C der Mittelpunct des Spiegels und zieht man die geraden Linien E C A und e C M', so werden sich die aus E kommenden Strahlen in einem Puncte F der Axe und die aus e kommenden in einem Puncte f der Linie e C M' vereinigen. Setzt man aber voraus, dafs die Entfernung A E des leuchtenden Objects gegen die Oeffnung des Spiegels, wie dieses bei allen Teleskopen der Fall ist, sehr grofs sey, so wird man sehr nahe C F = C f setzen können. Es ist aber A F = α, wo die Gröfse α durch die Gleichung (III), das heifst, durch

Fig. 19.

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$$

bestimmt wird, also ist auch

$$CF = Cf = r - \alpha,$$

wo wieder a den Halbmesser des Spiegels bezeichnet. Beschreibt man demnach aus dem Puncte C als Mittelpunct mit dem Halbmesser C F = r — α den kleinen Kreisbogen F f, so wird F f das gesuchte Bild darstellen und man wird auch ohne merklichen Fehler diesen kleinen Kreisbogen als eine gerade, auf die Axe E A senkrechte Linie ansehen können.

Ist also

$$Ee = z$$

der Halbmesser des leuchtenden Objects und ist F f = z' der Halbmesser des Bildes, so hat man, da E A = a und F A = α ist,

Digitized by Google

$$z' = \frac{CF}{CE} \cdot Ee = \frac{r-\alpha}{a-r} \cdot z.$$

Allein aus der obigen Gleichung (II) folgt

$$\frac{r}{2} = \frac{a\alpha}{a+\alpha} \text{ oder } r - \alpha = \frac{\alpha(a-\alpha)}{a+\alpha}$$

und ebenso

$$a - r = \frac{a(a-\alpha)}{a+\alpha},$$

also ist auch, wenn man diese Werthe von $r-\alpha$ und $a-r$ in der obigen Gleichung substituirt,

$$z' = \frac{\alpha}{a} \cdot z.$$

Bezeichnet endlich φ den Winkel, unter welchem ein unbewaffnetes Auge in A den Halbmesser Ee des Objects sehn würde, so hat man, vorausgesetzt, daſs dieser Winkel, wie bei allen Teleskopen, nur klein ist, so daſs man Tang. φ oder Sin. φ gleich φ setzen kann,

$$\frac{z}{a} = \varphi, \text{ also auch } z' = \alpha . \varphi$$

und durch das Vorhergehende ist der Ort sowohl, als auch die Gröſse des Bildes bestimmt.

D. Anwendung auf Brennspiegel.

Wird ein Concavspiegel der Sonne ausgesetzt, so werden sich die Strahlen derselben nach ihrer Reflexion in einem kleinen Kreise, dem Bilde der Sonne, vereinigen; der Mittelpunct dieses Kreises ist der Brennpunct des Spiegels und der Halbmesser dieses kleinen Kreises wird, nach dem so eben Gesagten, gleich $\alpha\varphi$ oder, da $\alpha = p$ ist, gleich $p\varphi$ seyn. Wegen der sehr groſsen Entfernung der Sonne von uns ist aber φ gleich dem scheinbaren Halbmesser der Sonne, oder es ist nahe $\varphi = 16$ Minuten, und daher

$$Ff = p \text{ Tang. } 16'.$$

Allein nach dem Vorhergehenden ist die Seitenabweichung des
Fig. 17. sphärischen Spiegels

$$fS = \frac{(a-\alpha)^2 x^3}{8a^2 \alpha p}$$

oder, da $a = \infty$ und $\alpha = p$ ist,

Digitized by Google

$$fS = \frac{x^3}{8p^2}.$$

Setzt man diese Werthe von Ff und fS einander gleich oder nimmt man die Seitenabweichung gleich jenem kleinen Bilde der Sonne, so hat man

$$x = 2p\sqrt[3]{\text{Tang. } 16'}$$

oder, da $p = \frac{1}{2} r$ ist,

$$\frac{x}{r} = \sqrt[3]{\text{Tang. } 16'}.$$

Es ist also auch

$$\text{Sin. } ACM = \frac{x}{r},$$

also ist auch

$$\text{Sin. } ACM = \sqrt[3]{\text{Tang. } 16'},$$

woraus folgt, dafs der Winkel ACM = 9° 36′ ist, oder dafs die halbe Oeffnung eines Brennspiegels wenigstens 9° 36′ seyn mufs, wenn die Seitenabweichung wegen der sphärischen Gestalt des Spiegels nicht gröfser seyn soll, als jener kleine Kreis, und dieses ist wohl die Grenze, welche man für diesen Kreis noch annehmen darf, wenn der Brennspiegel in seiner Wirkung nicht zu sehr leiden soll.

E. Digression auf Brenngläser.

Das Vorhergehende leitet uns von selbst auf eine ähnliche Untersuchung der Brennlinsen, die wir hier um so mehr nachtragen zu müssen glauben, da in dem Artikel *Brennglas* die analytische Untersuchung dieses interessanten Gegenstandes ganz unberührt geblieben ist.

Wenn die Sonne nur als ein leuchtender Punct betrachtet werden könnte, so würde der Vereinigungsraum der durch eine convexe Linse gebrochenen Sonnenstrahlen oder so würde das von der Linse entworfene Bild der Sonne ebenfalls nur ein einfacher Punct seyn. Da uns aber der Halbmesser jenes Gestirns noch unter einem sehr merkbaren Winkel von 16 Min. erscheint, so kann man die von zwei Endpuncten ihres Durchmessers ausgehenden Strahlen nicht mehr als unter sich parallel annehmen, da sie vielmehr ebenfalls unter einem

Digitized by Google

Winkel von 32 Min. gegen einander geneigt sind und da sie demnach auch nach ihrer Brechung, statt in einem einzigen Puncte vereinigt zu werden, einen grössern Raum, nämlich einen kleinen Kreis einnehmen, dessen Durchmesser die Chorde von 32 Min. eines andern Kreises ist, der seinen Mittelpunct im Centrum der Linse hat. Heisst also p die Brennweite der Linse, so ist der Halbmesser r jenes kreisförmigen Brennraums

$$r = p \text{ Tang. } 0^0\, 16' \text{ oder nahe } r = \frac{p}{216}.$$

Nennt man aber d die Dichte der Sonnenstrahlen vor und δ die Dichte derselben nach der Brechung im Brennraume, so hat man, da diese Dichten sich verkehrt wie die dieselben Lichtmengen enthaltenden Flächen verhalten, wenn x den Oeffnungshalbmesser der Linse bezeichnet,

$$d : \delta = \left(\frac{p}{216}\right)^2 : x^2$$

oder

$$\frac{\delta}{d} = 46656\, \frac{x^2}{p^2}.$$

Die von der Sonne kommende senkrechte Erleuchtung einer auf der Erde befindlichen Fläche wird also, wie die letzte Gleichung zeigt, durch eine convexe Linse oder durch ein sogenanntes *Sammelglas* $46656\, \frac{x^2}{p^2}$ mal verstärkt. Ist z. B. $x = \frac{1}{2}$ Fuss und $p = 3$ Fuss, so ist

$$\frac{\delta}{d} = 1296$$

oder das Sonnenlicht wird durch diese Linse in ihrem Brennpuncte 1296mal verdichtet, vorausgesetzt, dass die Strahlen auf ihrem Wege durch die Atmosphäre und dass sie auch durch das Glas selbst nichts verlieren, wobei auch noch die sphärische Abweichung der Linse vernachlässigt ist. Je kleiner daher bei unveränderter Oeffnung die Brennweite der Linse ist, desto mehr ist sie zu einem Brennglase geeignet. Sind aber f und g die Halbmesser der beiden Linsenflächen, so hat man[1]

---

1 S. *Mikroskop.* Bd. VI. S. 2194.

$$p = \frac{fg}{(n-1)(f+g)},$$

also muſs man zu Brenngläsern offenbar *biconvexe* Linsen wählen, da für sie die beiden Halbmesser f und g positiv bleiben und daher p so groſs als möglich werden kann. Solche convex-concave Linsen aber, für welche der negative Halbmesser der kleinere ist, so wie noch mehr biconcave Linsen sind zu Brenngläsern ganz untauglich. In der That sind die letztgenannten Linsen eigentlich *Zerstreuungsgläser*, weil für sie die Strahlen nach der Brechung *divergiren*.

Das Brennglas ist aber auch zweitens, wie dieselbe Gleichung zeigt, desto wirksamer, je gröſser der Oeffnungshalbmesser x desselben ist. Da es hier nur darauf ankommt, eine groſse Menge Strahlen in den Brennraum der Linse so nahe als möglich zusammen zu bringen, nicht aber auch zugleich in demselben Orte ein ganz reines Bild der Sonne darzustellen, so wird man von der Seitenabweichung der Linse wegen ihrer sphärischen Gestalt hier wenig zu besorgen haben, obschon diese (nach B) sogar wie der Cubus der Oeffnung x wächst. Bei den Fernröhren jeder Art aber, so wie bei den Mikroskopen, wird diese Seitenabweichung sorgfältig zu berücksichtigen seyn; doch wird man auch für Brenngläser solche Linsen besser ganz vermeiden, deren Oeffnung zu groſs ist, weil sonst der Brennraum ebenfalls zu groſs wird und dadurch dem Hauptzwecke eines Brennglases, der Erreichung einer hohen Temperatur im Brennraume, schädlich entgegenwirkt.

Nimmt man, wie bei Brenngläsern gewöhnlich, die Linse gleichseitig, so daſs die Vorder- und Hinterseite Stücke von derselben Kugel sind, so ist f = g und daher die letzte Gleichung

$$p = \frac{f}{2(n-1)}.$$

Ist aber die halbe Oeffnung gleich 20 Graden, und gröſser wird man sie, nach dem Vorhergehenden, nicht leicht nehmen dürfen, so ist

$$x = f \text{ Sin. } 20^0,$$

also auch, da sich p sowohl als auch x wie f verhält, die Gröſse

$$\frac{\delta}{d} = 46656 \frac{x^2}{p^2}.$$

Digitized by Google

Da dieser Ausdruck von $\frac{\delta}{d}$ vom Halbmesser f der gleichseitigen Linse unabhängig ist, so folgt daraus, daſs, wenn mehrere gleichseitige Linsen dieselbe Oeffnung und Brennweite haben, es in Beziehung auf die Verdichtung der Strahlen im Brennpuncte gleichviel ist, ob die Halbmesser dieser Linsen groſs oder klein sind. Ein Brennglas von einer gröſsern Oeffnung x hat also nur den Vorzug, daſs es die Fläche, auf welche es wirken soll, in einem gröſseren Umfange mit demselben Wärmegrade angreift. Für dieselbe Oeffnung x der gleichseitigen Linse aber hat man

$$\frac{\delta}{d} = 186624 \frac{x^2}{f^2} . (n-1)^2,$$

das heiſst, bei gleichen Oeffnungen verdichten stark gewölbte Linsen, für die f sehr klein ist, mehr als flache. Alle diese Sätze stimmen bekanntlich mit der Erfahrung sehr wohl überein.

Sucht man ein Brennglas, welches in einer gegebenen Entfernung p die Sonnenstrahlen m mal verdichtet, so ist

$$m = 46656 \frac{x^2}{p^2} \text{ und } p = \frac{f}{2(n-1)},$$

woraus für die halbe Oeffnung x und für den Krümmungshalbmesser f der gleichseitigen Linse folgt

$$x = \frac{p\sqrt{m}}{216} \text{ und } f = 2(n-1)p.$$

Ist z. B. für ein solches Glas p = 12 Zoll und m = 2500, so hat man für $n = \frac{3}{2}$

$$x = 2{,}8 \text{ Zoll und } f = 12 \text{ Zoll.}$$

Noch höhere Temperaturen kann man aber durch zwei oder mehr auf ihrer gemeinschaftlichen Axe senkrecht aufgestellte Linsen erreichen. Wir wollen daher hinter das bisher betrachtete Brennglas noch ein zweites biconvexes Glas, eine sogenannte *Collectivlinse*, setzen und die Dichte δ der Strahlen im Brennraume nach ihrer Brechung durch beide Linsen suchen.

Fig. 20. Sey AC die eigentliche Brennlinse und BD das Collectivglas. Man setze AB = Δ die Distanz der beiden Linsen, Ap = p die Brennweite der ersten Linse, Bp′ = p′ die Brennweite des Collectivglases und Bx = α' die Vereinigungsweite der Strahlen nach der zweiten Brechung der Linse BD,

so hat man, wenn überhaupt a' und α' die Vereinigungsweiten der zweiten Linse BD sind[1],

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{\alpha'} \text{ oder } \alpha' = \frac{a'p'}{a'-p'}.$$

Allein da $a' = -Bp = \Delta - p$ ist, so ist auch

$$\alpha' = \frac{(p-\Delta) . p'}{p+p'-\Delta}.$$

Ferner verhält sich die Dichte der Strahlen in p zu ihrer Dichte in x, wie sich $(Bx)^2$ zu $(Bp)^2$ verhält, oder wenn man diese Dichten durch δ und δ' bezeichnet, so ist

$$\frac{\delta}{\delta'} = \left(\frac{\alpha'}{p-\Delta}\right)^2.$$

Substituirt man aber in diesem Ausdrucke den vorhergehenden Werth von α' und setzt man überdieſs nach dem Vorhergehenden

$$\frac{\delta}{d} = 46656 \frac{x^2}{p^2},$$

so erhält man, wenn man d gleich der Einheit setzt,

$$\delta' = 46656 \frac{x^2}{p^2} . \left(\frac{p+p'-\Delta}{p'}\right)^2,$$

so daſs demnach die durch das erste Glas AC bewirkte Verdichtung der Sonnenstrahlen, die gleich

$$\delta = 46656 \frac{x^2}{p^2}$$

war, durch die Sammellinse noch

$$\left(\frac{p+p'-\Delta}{p'}\right)^2 \text{ mal}$$

vergröſsert wird.

In dem obigen Beispiele, wo $x = \frac{1}{2}$ Fuſs und $p = 3$ Fuſs war, fanden wir für die Verdichtung durch eine Linse

$$\delta = 1296.$$

Sey nun für die zweite Linse oder für das Sammelglas $p' = \frac{1}{10}$ Fuſs und $\Delta = 2$, so hat man

$$\left(\frac{p+p'-\Delta}{p'}\right)^2 = 121$$

oder die bereits durch die erste Linse bewirkte Verdichtung von 1296 wird durch die zweite noch 121mal vermehrt, so

2 S. Art. *Linsenglas.* Bd. VI. S. 382.

dafs daher die durch beide Linsen hervorgebrachte Verdichtung

$$\delta' = 121\,\delta = 156816$$

beträgt. Ebenso findet man für ein drittes Glas, dessen Brennweite p″ und dessen Abstand von der zweiten Δ' ist, die Verdichtung

$$\delta'' = \delta' \cdot \left(\frac{p' + p'' - \Delta'}{p''}\right)^2$$

oder, wenn man den vorhergehenden Werth von δ' substituirt,

$$\delta'' = 46656\,\frac{x^2}{p^2} \cdot \left(\frac{p + p' - \Delta}{p'}\right)^2 \cdot \left(\frac{p' + p'' - \Delta'}{p''}\right)^2$$

und so fort für mehrere Linsen. Wird p, p′, Δ und x wie im letzten Beispiele beibehalten und überdiefs $p'' = \frac{1}{100}$ und $\Delta' = 1$ Fufs genommen, so beträgt der Werth von δ'' schon über 1242 Millionen. Man sieht daraus, welche ungemein hohe Temperaturen man durch solche, aus mehrern Linsen zusammengesetzte Brennapparate erhalten kann.

F. Verbindung mehrerer Spiegel.

Indem wir nun zu den Erscheinungen übergehen, welche mehrere sphärische Spiegel, die alle auf derselben Axe aufgestellt sind, für die Reflexion des auf sie fallenden Lichtes darbieten, wollen wir wieder dieselben Erscheinungen zuerst für ein System von sphärischen Linsen suchen und dann zeigen, dafs die für diese erhaltenen Formeln mit wenigen Aenderungen auch sofort für das gesuchte Spiegelsystem gelten. Sey
Fig. demnach AP die erste, BQ die zweite, CR die dritte Linse...,
21. deren gemeinschaftliche Axe EABCD.. ist. Sey ferner Ee der auf dieser Axe senkrecht stehende Halbmesser des leuchtenden Gegenstandes, dessen Bilder, wie sie von den erwähnten Linsen allmälig entworfen werden, zu suchen sind. Da bei unseren dioptrischen, so wie bei den katoptrischen Instrumenten ohne Ausnahme nur der erste Spiegel oder die erste Linse AP noch von bedeutender Gröfse, die andern alle aber oder die sogenannten *Oculare* nur klein sind, so werden wir uns bei der gegenwärtigen allgemeinen Untersuchung nur auf diejenigen Strahlen beschränken, welche der Axe ABC.. sehr nahe einfallen. Dessenungeachtet werden wir diese Oeffnungen

Digitized by Google

der Oculare BQ, CR, DS... nicht als unendlich klein annehmen dürfen, da diese Oculare offenbar eine hinlängliche Fläche haben müssen, um von dem durch die vorhergehenden Oculare ihnen zugeschickten Lichte noch eine hinlängliche Menge aufnehmen zu können, damit diese Lichtstrahlen in der gröfstmöglichen Menge, die das Objectiv AP gestattet, dem Auge zugeführt werden, und damit sie zugleich die Gegenstände, welche dem freien Auge an der Stelle des Objectivs unter einem gegebenen Sehwinkel erscheinen, wo nicht ganz, doch bis auf einen verlangten Theil dieses Sehwinkels auf einmal übersehn lassen. Die erste dieser Rücksichten wird die *Helligkeit* des Fernrohrs und die zweite wird das sogenannte *Gesichtsfeld*, d. h. den Raum bestimmen, welchen man durch das Fernrohr auf einmal übersehn kann.

Dieses vorausgesetzt sey eAQRS der von dem äufsersten Puncte e des Gegenstandes Ee kommende und durch die Mitte A des Objectivs gehende Hauptstrahl, und sey ebenso EPqrs.. der äufserste, von dem Mittelpuncte E des Gegenstandes kommende, die Linsen in den Puncten P, q, r, s... treffende Lichtstrahl. Sey

$AP = x$ und $BQ = z'$
$Bq = x'$ $CR = z''$
$Cr = x''$ $DS = z'''$ u. s. w.,
$Ds = x'''$ u. s. w.,

so werden also x, x', x''... die Halbmesser der Linsen für die *Helligkeit* und z', z'', z'''.. die Halbmesser derselben für das Gesichtsfeld seyn. Sey ferner $EAe = \varphi$ der Winkel, unter welchem ein in A aufgestelltes unbewaffnetes Auge den Halbmesser Ee des Gegenstandes sehn würde, und sey ebenso

$$AFP = \varphi', \quad BF'q = \varphi'', \quad CF''r = \varphi''' \text{ u. s. w.}$$

der Winkel, welchen der punctirte Strahl EPqr.. nach der Brechung durch die I., II., IIIte... Linse mit der Axe bildet, und

$$FBf = \psi', \quad CO'R = \psi'', \quad SO''D = \psi''' \ldots$$

der Winkel, welchen der andere Hauptstrahl eAQR.. mit der Axe bildet. Auf eine ähnliche Art wollen wir nun auch, nebst den vorhergehenden Winkeln, die noch übrigen geraden Linien oder die verschiedenen *Distanzen* der Figur bezeichnen. Der aus der Mitte E des Gegenstandes kommende Hauptstrahl, der hier durch die punctirte Linie EPFqF'r...

Digitized by Google

angezeigt ist, schneidet die Axe in den Puncten E, F, F′, F″, und man nennt die Linien

$EA = a$, $AF = \alpha$ die Vereinigungsweite der Linse I,
$FB = a'$, $BO = \alpha'$ . . . . II,
$OC = a''$, $O'C = \alpha''$ . . . . III u. s. f.

Diese Linsen selbst schneiden die Axe in den Puncten A, B, C, D... und die Distanzen dieser Linsen sollen seyn

$AB = \Delta$, $BC = \Delta'$, $CD = \Delta''$ u. s. w.,

so dafs man also hat

$$\Delta = \alpha + a'$$
$$\Delta' = \alpha' + a''$$
$$\Delta'' = \alpha'' + a''' \text{ u. s. w.,}$$

wo diese Ausdrücke für Δ, Δ', Δ''.. ihrer Natur nach immer positive Gröfsen seyn müssen.

Endlich wollen wir noch die Distanzen

BO durch k'
CO′ . . . . k''
DO″ . . . k''' u. s. w.

und die Brennweiten

der Linse I durch p
II . . . p'
III. . . p'' u. s. w.

bezeichnen.

Dieses vorausgesetzt sehen wir nun zu, wie die verschiedenen hier aufgeführten Gröfsen von einander abhängen.

I. *Allgemeine Bestimmungen.* Nennt man n das Verhältnifs des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen Winkels, wo man für den Uebergang des Lichts aus der Luft in das Glas im Mittel $n = \frac{3}{2}$ hat, und ist f der Halbmesser der dem Gegenstande zugekehrten, so wie g der Halbmesser der andern Fläche der Linse, so hat man für eine biconvexe Linse, in welcher f und g positiv vorausgesetzt werden, die bekannte, aus den ersten Elementen der Optik folgende Gleichung[1]

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{f} + \frac{1}{g}\right).$$

---

1 S. Art. *Linsenglas.* Bd. VI. S. 382.

Digitized by Google

Ist bei dieser ersten Linse die Entfernung des Objects oder die erste Vereinigungsweite $a = \infty$ und die zweite $\alpha = p$, so erhält man aus der vorigen Gleichung

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{f} + \frac{1}{g}\right)$$

oder auch

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha},$$

und ähnliche Ausdrücke erhält man auch für die folgenden Linsen, wenn man nur die Grössen a, α, p, f, g und n mit einem oder zwei oder drei ... Strichen bezeichnet.

II. *Halbmesser der Linsenöffnung wegen der Helligkeit.* Aus der Aehnlichkeit der rechtwinkligen Dreiecke AFP, FBq und BF′Q, F′Cr u. s. w. erhält man sofort folgende Gleichungen, wobei die Winkel φ, φ', φ'' .. der Natur der Sache gemäss so klein angenommen werden, dass Sin. φ oder Tang. φ gleich φ gesetzt werden kann:

$$\varphi' = \frac{x}{\alpha} \qquad \text{also auch } x' = a'\varphi' = \frac{a'x}{\alpha}$$

$$\varphi'' = \frac{x'}{\alpha'} = \frac{a'x}{\alpha\alpha'} \qquad x'' = a''\varphi'' = \frac{a'a''x}{\alpha\alpha'}$$

$$\varphi''' = \frac{x''}{\alpha''} = \frac{a'a''x}{\alpha\alpha'\alpha''} \text{ u. s. w.} \qquad x''' = a'''\varphi''' = \frac{a'a''a'''x}{\alpha\alpha'\alpha''} \text{ u. s. w.}$$

III. *Halbmesser der Linsenöffnung wegen des Gesichtsfeldes.* Nach der bereits oben angeführten Bemerkung müssen die verschiedenen auf einander folgenden Oculare eine solche Oeffnung haben, dass dadurch die gegebenen Gegenstände bis auf eine bestimmte Grösse derselben übersehn werden können. Soll also die Hälfte des durch das Fernrohr noch sichtbaren Gegenstandes gleich Ee seyn, so muss man die Linsen so gross nehmen, damit der von dem äussersten Puncte e des Gegenstandes durch die Mitte A des Objectivs AP ungebrochen durchgehende Hauptstrahl eAQRS... von allen diesen Linsen noch aufgenommen werden kann. So lange aber die Brennweiten dieser Linsen nicht gegeben sind, lässt sich auch die zu jener Forderung nöthige Oeffnung $z = BQ$, $z'' = CR$ u. s. w. nicht näher angeben. Wir wollen daher, da diese Oeffnungen wegen des Gesichtsfeldes von den Brennweiten der Linsen abhängen, vorläufig die Gleichungen annehmen

Digitized by Google

$$z' = p'\omega'$$
$$z'' = p''\omega''$$
$$z''' = p'''\omega''' \text{ u. s. w.}$$

Da aber die Halbmesser z', z'', z'''.. diesen Oeffnungen gemäfs immer nur kleine Theile ihrer Brennweiten seyn werden, so werden die hier eingeführten Gröfsen ω', ω'', ω'''.. alle nur eigentliche Brüche seyn, die der Erfahrung zufolge meistens kleiner noch als $\frac{1}{4}$ sind.

IV. *Gröfse und Lage der Bilder.* Ist Ff das Bild, welches die erste Linse AP von dem Gegenstande Ee macht, und ist ebenso F′f′ das Bild der zweiten und F″f″ das der dritten Linse u. s. w., so hat man, wie wieder aus der Aehnlichkeit der Dreiecke folgt,

$$Ff = \frac{\alpha}{a}.Ee$$

$$F'f' = \frac{\alpha'}{a'}.Ff$$

$$F''f'' = \frac{\alpha''}{a''}F'f' \text{ u.s.w.}$$

Da aber $Ee = a \text{ Tang.} \varphi = a\varphi$ ist, so hat man für die Gröfse der auf einander folgenden Bilder die Ausdrücke

$$Ff = \alpha.\varphi \ldots \text{ das Bild verkehrt}$$

$$F'f' = \frac{\alpha\alpha'}{a'}.\varphi \ldots\ldots \text{ aufrecht}$$

$$F''f'' = \frac{\alpha\alpha'\alpha''}{a'a''}.\varphi \ldots\ldots \text{ verkehrt}$$

$$F'''f''' = \frac{\alpha\alpha'\alpha''\alpha'''}{a'a''a'''}.\varphi \ldots \text{ aufrecht u. s. w.}$$

Wird einer dieser Ausdrücke negativ, so zeigt er eine mit der gegebenen Zeichnung entgegengesetzte Lage an. Ist z. B. F″f″ negativ, so ist das dritte Bild nicht verkehrt, wie es im Allgemeinen seyn sollte, sondern aufrecht.

V. *Vergröfserung der Gegenstände durch diese Linsen.* Bei einem Systeme von zwei Linsen sieht das Auge in B das Bild Ff des Gegenstandes Ee unter dem Winkel $FBf = \psi'$, während es den Gegenstand Ee selbst aus dem Puncte A, ohne Hülfe der Linsen, unter dem Winkel $EAe = \varphi$ sehn würde. Eigentlich ist aber der Punct O, in welchem der

Digitized by Google

Hauptstrahl die Axe schneidet, der Ort des Auges. Da jedoch, wenn überhaupt ein deutliches Sehen statt haben soll, die Strahlen aus der letzten, dem Auge nächsten Linse immer sehr nahe unter sich parallel ausfallen müssen, so muſs auch O Q mit B f parallel, also auch $BOQ = FBf = \psi'$ seyn. Nimmt man nun, wie bei allen Fernröhren, die Distanz AB der beiden Linsen gegen die Distanz E A des Objects sehr klein, so drücken die beiden Gröſsen ψ' und φ die scheinbaren Gröſsen des Halbmessers des Gegenstandes aus, wie er durch die Linsen und wie er mit freiem Auge gesehn wird, oder mit andern Worten, die Vergröſserung m' eines Systems von zwei Linsen ist

$$m' = \frac{\psi'}{\varphi}.$$

Es ist aber $Ff = a'\psi' = \alpha\varphi$, also ist auch $\psi' = \frac{\alpha\varphi}{a'}$ und daher

$$m' = \frac{\alpha}{a'}.$$

Geht dann für eine dritte Linse der Winkel ψ' in ψ'' über, so ist analog

$$\psi'' = \frac{\alpha'}{a''}\psi' = \frac{\alpha\,\alpha'}{a'a''}\varphi,$$

also ist auch für drei Linsen die Vergröſserung

$$m'' = \frac{\psi''}{\varphi} = \frac{\alpha\,\alpha'}{a'a''}$$

und ebenso hat man für vier Linsen

$$\psi''' = \frac{\alpha''}{a'''}\psi'' = \frac{\alpha\,\alpha'\,\alpha''}{a'a''a'''}\varphi$$

und

$$m''' = \frac{\psi'''}{\varphi} = \frac{\alpha\,\alpha'\,\alpha''}{a'a''a'''} \text{ u. s. w.}$$

Da aber bei allen Fernröhren die Entfernung $EA = a$ des Gegenstandes sehr groſs angenommen wird, so wird man die zweite Vereinigungsweite der ersten Linse gleich ihrer Brennweite oder man wird $\alpha = p$ setzen, und da nach dem Vorhergehenden die Strahlen aus der letzten Linse unter sich parallel ausfahren müssen, wenn das Auge gut sehn soll, so ist auch die letzte der Gröſsen $a'\ a''\ a'''\ldots$ gleich der Brennweite

Digitized by Google

der letzten Linse, so dafs man daher für alle Fernröhre folgende Ausdrücke für die Vergröfserung derselben hat:

$$\text{für 2 Linsen} \ldots \quad m' = \frac{p}{p'}$$

$$3 \ldots\ldots\ldots \quad m'' = \frac{\alpha' p}{a' p''}$$

$$4 \ldots\ldots\ldots \quad m''' = \frac{\alpha' \alpha'' p}{a' a'' p'''}$$

$$5 \ldots\ldots\ldots \quad m^{IV} = \frac{\alpha' \alpha'' \alpha''' p}{a' a'' a''' p^{IV}} \text{ u. s. w.}$$

VI. *Anderer Ausdruck des Helligkeitshalbmessers.* Verbindet man die Ausdrücke, die wir oben (N. II) für die Gröfsen x', x'', x''' gegeben haben, mit denen in V, so erhält man folgende einfache Werthe der Oeffnungshalbmesser wegen der Helligkeit:

$$x' = \frac{x}{m'}$$

$$x'' = \frac{x}{m''}$$

$$x''' = \frac{x}{m'''} \text{ u. s. w.}$$

Da übrigens diese Halbmesser der Helligkeit der Natur der Sache nach immer kleiner seyn müssen, als die Halbmesser des Gesichtsfeldes, so hat man

$$z' > x', \; z'' > x'', \; z''' > x''' \text{ u. s. w.},$$

welche Gleichungen ebenso viele Bedingungen ausdrücken, denen jedes gute Fernrohr entsprechen mufs.

VII. *Nähere Bestimmung der Helligkeit eines Fernrohrs.* Nennt man der Kürze wegen μ und ξ die letzte der Gröfsen m', m'', m'''.. und x', x'', x'''... und bezeichnet, wie zuvor, x den Oeffnungshalbmesser AP der ersten Linse oder des Objectivs, so hat man überhaupt

$$x = \mu \xi \text{ oder } \xi = \frac{x}{\mu},$$

wo also ξ den Halbmesser des Strahlencylinders hinter der letzten Linse oder in der Nähe des Auges bezeichnet. Von diesem Cylinder hängt aber offenbar die Helligkeit des Fernrohrs ab. Bezeichnet dann w den Halbmesser der Pupille des Au-

ges, so hat man, da sich die Helligkeit oder die Strahlenmenge, welche von demselben Gegenstande auf zwei von ihm gleichweit entfernte Flächen fallen, wie diese Flächen selbst verhält,

$$\frac{\text{Helle durchs Fernrohr}}{\text{Helle mit freiem Auge}} = \frac{\xi^2}{w^2}.$$

Setzt man also die natürliche, für das unbewaffnete Auge statt habende Helligkeit gleich der Einheit und die Helligkeit, mit welcher der Gegenstand durch das Fernrohr gesehn wird, gleich H, so ist

$$H = \left(\frac{\xi}{w}\right)^2 = \frac{x^2}{\mu^2 w^2},$$

wo demnach die Gröfsen ξ und w in demselben Mafse, z. B. in Zollen, ausgedrückt werden. Die Gröfse w nimmt man gewöhnlich $\frac{1}{20}$ Zoll, also $w = 0{,}05$ oder selbst nur $w = 0{,}03$ an. Die letzte Gleichung zeigt, dafs die Helle H des Fernrohrs desto stärker ist, je gröfser x, der Oeffnungshalbmesser des Objectivs, und je kleiner μ oder w ist. Man sieht zugleich, dafs man ξ nicht gröfser als w annehmen kann, denn ist $\xi > w$, so wird ein Theil des Strahlenkegels, welcher neben der kleinen Augenöffnung w fortgeht, verloren gehn, da er das Auge nicht mehr treffen kann. Gewöhnlich nimmt man $\xi = \frac{1}{50}$, obschon man sich, nach den Umständen, auch oft mit $\xi = \frac{1}{60}$ oder $\xi = \frac{1}{70}$ begnügen mufs. Ist $w = \frac{1}{20}$, so hat man

$$H = 400\,\frac{x^2}{\mu^2}.$$

Die stärkste Vergröfserung aber, die man an einem gegebenen Objectiv anbringen kann, findet ihre vorzüglichste Grenze in der Kürze der Brennweite des Oculars, welche letztere, bei einem einfachen Oculare wenigstens, nicht gut kleiner als $\frac{2}{10}$ Zoll seyn kann, wenn nicht eine zu bedeutende Verzerrung des Bildes und ein zu kleines Gesichtsfeld eintreten soll. Ist daher p die Brennweite des Objectivs, so wird die stärkste Vergröfserung μ des Fernrohrs überhaupt durch die Gleichung

$$\mu = \frac{p^2}{0{,}2} = 5\,p^2$$

gegeben werden. So hat man für ein einfaches oder auch für ein achromatisches Doppelobjectiv, dessen Brennweite $p = 20$ Zoll und die halbe Oeffnung $x = 0{,}8773$ Zoll ist, die schwäch-

Digitized by Google

ste Vergröſserung $\frac{x}{0{,}03} = 29$ und die stärkste $\frac{p}{0{,}2} = 100$. Für $p = 120$ Zoll und $x = 3{,}36$ Zoll erhält man die schwächste Vergröſserung 112 und die stärkste 600.

VIII. *Abhängigkeit der Gröſsen* ψ *und* ω. Verbindet man die Gleichungen $z' = p'\omega'$, $z'' = p''\omega''$ ... der N. III mit denen

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{\alpha'} \text{ u. s. w.}$$

der N. I, und bemerkt man, daſs nahe $a' = AB$ und $\alpha' = OB$ ist, da ferner

$$AB = \frac{BQ}{\text{Tang.}\,\varphi} = \frac{p'\omega'}{\varphi},$$

so hat man

$$OB = \frac{p'\omega'}{\omega' - \varphi} \text{ u. s. w.}$$

und diese Werthe von OB und $BQ = p'\omega'$ in der Gleichung

$$\text{Tang.}\,BOQ = \frac{BQ}{OB} \text{ substituirt geben}$$

$$\psi' = \omega' - \varphi.$$

Ebenso ist für drei Linsen

$$CO = \frac{BO.CR}{BQ} = \frac{p''\omega''}{\omega' - \varphi}$$

und überdieſs

$$\frac{1}{p''} = \frac{1}{CO} + \frac{1}{CO'},$$

also auch

$$CO' = \frac{p''\omega''}{\omega'' - \omega' + \varphi},$$

oder endlich, da $C O' R = \frac{CR}{CO'}$ ist,

$$\psi'' = \omega'' - \omega' + \varphi,$$

und auf dieselbe Weise erhält man auch für vier Linsen

$$DO'' = \frac{p'''\omega'''}{\omega''' - \omega'' + \omega' - \varphi}$$

und

$$\psi''' = \omega''' - \omega'' + \omega' - \varphi$$

und so fort für mehrere Linsen.

Es ist schon oben (N. III) bemerkt worden, daſs die Gröſsen ω, ω'.. nur eigentliche Brüche seyn können, die nicht leicht gröſser als $\frac{1}{4}$ seyn dürfen. Da nämlich, den Erfahrungen zu-

Digitized by Google

folge, die halbe Oeffnung jeder Linse nicht mehr als 15 Grade von der Peripherie ihrer Kugel betragen kann, so hat man, wenn die Halbmesser der beiden Linsenflächen gleich groſs und wenn die Mittelzahl für das Glas $n = \frac{3}{2}$ ist,

$$f = g = 2(n-1)\,p \text{ oder } f = g = p,$$

also auch

$$z' = p' \operatorname{Sin.} 15^\circ = \tfrac{1}{4} p'$$

oder, da $z' = p'\omega'$ ist, die Gröſse ω' nahe gleich $\frac{1}{4}$.

IX. *Bestimmung der Brennweiten der Linsen durch ihre Vereinigungsweiten und durch die Gröſse ω.* Es war

$$(\text{N. VIII})\ BQ = AB.\operatorname{Tang.}\varphi$$

oder

$$p'\omega' = (\alpha + a').\varphi.$$

Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke der Zeichnung folgt aber

$$CR : CO = CR - F'f' : CF',$$

wo

$$CR = p''\omega'', \quad CF' = a''$$

und

$$F'f' = \frac{\alpha\alpha'\varphi}{a'}, \text{ sowie } CO = \frac{p''\omega''}{\omega' - \varphi} \text{ ist.}$$

Substituirt man diese Werthe in der vorhergehenden Proportion, so erhält man

$$p''\omega'' = \frac{\alpha\alpha'\varphi}{a'} + a''(\omega' - \varphi).$$

Ganz ebenso giebt die Proportion

$$DS : DO' = DS - F''f'' : DF''$$

die Gleichung

$$p'''\omega''' = \frac{\alpha\,\alpha'\,\alpha''}{a'\,a''}\,\varphi + a'''(\omega'' - \omega' + \varphi)$$

und auf dieselbe Art

$$p^{\text{IV}}\omega^{\text{IV}} = \frac{\alpha\,\alpha'\,\alpha''\,\alpha'''}{a'\,a''\,a'''}\,\varphi + a^{\text{IV}}(\omega''' - \omega'' + \omega' - \varphi)$$

und so fort für mehrere Linsen. Diese Ausdrücke sind zur Construction der Fernröhre jeder Art sehr nützlich.

X. *Bestimmung der Gröſsen z, m und φ durch ω.* Aus dem bloſsen Anblick der Zeichnung folgt

$$z' = BO.\psi' = \Delta.\varphi$$
$$z'' = CO'.\psi'' = CO.\psi'$$
$$z''' = DO''.\psi''' = DO'.\psi'' \text{ u. s. w.,}$$

Digitized by Google

so dafs man also auch für die Distanzen der Linsen die Ausdrücke hat

$$BO + CO \text{ oder } \varDelta' = \frac{z' + z''}{\psi'}$$

$$CO' + DO' \text{ oder } \varDelta'' = \frac{z'' + z'''}{\psi''}$$

$$DO'' + F''O'' \text{ oder } \varDelta''' = \frac{z''' + z^{IV}}{\psi'''} \text{ u. s. w.}$$

und aus diesen Gleichungen folgt sofort

$$z' = \varDelta . \varphi$$
$$z'' = (\omega' - \varphi) . \varDelta' - z'$$
$$z''' = (\omega'' - \omega' + \varphi) . \varDelta'' - z'' \text{ u. s. w.}$$

Substituirt man aber die in N. VIII erhaltenen Werthe von ψ', ψ'', ψ'''... in die Gleichungen der N. V, so erhält man

$$m' = \frac{\omega' - \varphi}{\varphi}$$

$$m'' = \frac{\omega'' - \omega' + \varphi}{\varphi}$$

$$m''' = \frac{\omega''' - \omega'' + \omega' - \varphi}{\varphi} \text{ u. s. w.,}$$

oder auch, wenn man daraus die Werthe von φ sucht,

$$\varphi = \frac{\omega'}{m' + 1}$$

oder

$$\varphi = \frac{\omega'' - \omega'}{m'' - 1}$$

oder

$$\varphi = \frac{\omega''' - \omega'' + \omega'}{m''' + 1} \text{ u. s. w.}$$

und alle diese Ausdrücke lassen sich leicht auf mehrere Linsen fortsetzen, da das Gesetz ihres Fortgangs für sich deutlich ist. Die letzten derselben geben den Werth von φ oder das *halbe Gesichtsfeld* für 2, 3, 4.. Linsen, d. h. sie geben den Halbmesser des kreisförmigen Raumes, welchen man durch das Fernrohr mit einem Blicke übersehn kann. Um diese Ausdrücke von φ in Minuten des Bogens zu erhalten, wird man sie durch

Digitized by Google

$$\frac{1}{60\ \text{Sin.}\ 1''} = \frac{10800}{\pi} = 3437{,}75$$

oder in runder Zahl durch 3438 multipliciren.

Die letzten Gleichungen für φ zeigen, daſs das Gesichtsfeld abnimmt, wenn, alles Andere gleich gesetzt, die Vergröſserung m wächst, und daſs das Gesichtsfeld wächst, wenn m kleiner, oder auch, wenn die Oeffnung des Oculars gröſser wird. Dieselben Gleichungen zeigen auch, daſs man durch Hinzusetzung eines neuen Oculars das Gesichtsfeld bedeutend vergröſsern kann. So hat man für ein einziges Ocular

$$\varphi = \frac{\omega'}{m' + 1}.$$

Aber für zwei Oculare, wenn $\omega' = -\omega''$ gesetzt wird, ist

$$\varphi = \frac{2\omega''}{m'' - 1},$$

also im zweiten Falle das Gesichtsfeld mehr als doppelt so groſs, wenn auch nur $m' = m''$ ist. Da eine starke Vergröſserung und ein groſses Gesichtsfeld zwei wesentliche Bedingungen eines guten Fernrohrs sind, so sieht man aus dem allgemeinen Ausdrucke von

$$\pm m = \frac{\varphi - \omega' + \omega'' - \omega''' + \omega^{\text{IV}} - \ldots}{\varphi},$$

daſs man, um das Product $m\varphi$ so groſs als möglich zu machen, die Oeffnungshalbmesser ω', ω'', ω'''... abwechselnd positiv und negativ nehmen muſs.

XI. *Bestimmung des Orts des Auges bei den Fernröhren.* Der schicklichste Ort des Auges für ein Fernrohr von 2, 3, 4.. Linsen wird offenbar der Punct O, O', O''.... seyn, in welchem sich alle von der letzten Linse kommenden Strahlen vereinigen. Nennt man k', k'', k'''... die Entfernungen PO, CO', DO''..... des Auges von der letzten Linse, so hat man (nach N. VIII)

$$k' = \frac{p'\omega'}{\omega' - \varphi}$$

$$k'' = \frac{p''\omega''}{\omega'' - \omega' + \varphi}$$

$$k''' = \frac{p'''\omega'''}{\omega''' - \omega'' + \omega' - \varphi} \quad \text{u. s. w.}$$

oder, wenn man in diesen Brüchen die Werthe der Nenner aus N. X substituirt,

$$k' = \frac{p' \omega'}{m' \varphi}$$

$$k'' = \frac{p'' \omega''}{m'' \varphi}$$

$$k''' = \frac{p''' \omega'''}{m''' \varphi} \text{ u. s. w.}$$

Diese Ausdrücke für k zeigen, daſs, je gröſser das Gesichtsfeld φ, oder auch, je gröſser die Vergröſserung m ist, desto näher auch im Allgemeinen das Auge an das letzte Ocular gebracht werden muſs, um jenes Gesichtsfeld ganz zu übersehn. Wir werden bald (H) sehen, daſs die vorhergehenden Ausdrücke auch für ein System von Spiegeln ihre Anwendung finden.

G. Rücksicht auf die Farben der Lichtstrahlen.

Obschon bei den Spiegeln die Farbenzerstreuung der Lichtstrahlen nicht zu besorgen ist, so kann diese Rücksicht, da bei unsern katoptrischen Instrumenten mit diesen Spiegeln auch Linsen verbunden werden, hier doch nicht völlig übergangen werden. Wir müssen aber hier vorzüglich denjenigen Einfluſs der Farbenzerstreuung suchen, welcher auf die *Grenzen* der durch das Fernrohr betrachteten Gegenstände einwirkt und wodurch daher der Rand des Bildes gefärbt erscheint. Zu diesem Zwecke wird man die Aenderungen der Winkel BOQ, CO'R, DO''S ... suchen, welche der Hauptstrahl, der ebenfalls von dem Rande e des Objects ausgeht, nach seinen verschiedenen Brechungen mit der Axe bildet. Es ist aber

$$BOQ = \omega' - \varphi \text{ und (F. IX.)}$$

$$p' \omega' = (\alpha + a')\varphi.$$

Daraus folgt, wenn φ constant ist,

$$\partial . BOQ = \partial \omega'$$

und

$$\partial \omega' = -(\alpha + a')\varphi . \frac{\partial p'}{p'^2} = -\frac{\omega' \partial p'}{p'}.$$

Digitized by Google

Es war aber (F. I.)

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{f} + \frac{1}{g}\right),$$

also ist auch

$$\partial p = -\frac{p . \partial n}{n - 1}.$$

Setzt man daher der Kürze wegen für das erste Glas

$$\Theta = \frac{\partial n}{n - 1}$$

und ebenso für die folgenden Linsen

$$\Theta' = \frac{\partial n'}{n' - 1}, \quad \Theta'' = \frac{\partial n''}{n'' - 1} \text{ u. s. w.},$$

so ist auch

$$\partial p' = -p' . \Theta',$$

daher die obige Gleichung

$$\partial \omega' = -\omega \frac{\partial p'}{p'} = +\omega' \Theta'$$

und das gesuchte Differential des Winkels BOQ

$$\partial . BOQ = \omega' \Theta'.$$

Kommt noch eine dritte Linse hinzu, so kann man die gefundene Zerstreuung $\omega' \Theta'$ der zweiten Linse als einen Gesichtswinkel betrachten, der durch die Wirkung der dritten Linse nach dem oben (F. V.) gezeigten Verfahren in $\frac{\alpha'}{a''} \omega' \Theta'$ übergeht. Setzt man dazu noch die Zerstreuung $\omega'' \Theta''$ der dritten Linse selbst, so hat man für die Gesammtzerstreuung von drei Linsen den Ausdruck

$$\partial . CO'R = \frac{\alpha'}{a''} \omega' \Theta' + \omega'' \Theta''$$

und ebenso wird man für die Farbenzerstreuung von vier Linsen erhalten

$$\partial . DO''S = \frac{\alpha''}{a'''}\left(\frac{\alpha' \omega' \Theta'}{a''} + \omega'' \Theta''\right) + \omega''' \Theta'''$$

$$= \frac{\alpha' \alpha''}{a'' a'''} \omega' \Theta' + \frac{\alpha'' \omega'' \Theta''}{a'''} + \omega''' \Theta''' \text{ u. s. w.}$$

Die Differentiale dieser Winkel müssen gleich Null gesetzt werden, wenn die Farbenzerstreuung des Fernrohrs aufge-

Digitized by Google

hoben oder vernichtet seyn soll, so dafs man daher für die Bedingung dieser Vernichtung haben wird[1]:

bei 2 Linsen $\omega' . \Theta' = 0$

$$3 \ldots \omega' . \Theta' + \frac{\omega'' a''}{\alpha'} . \Theta'' = 0$$

$$5 \ldots \omega' . \Theta' + \frac{\omega'' a''}{\alpha'} . \Theta'' + \frac{\omega''' a'' a'''}{\alpha' \alpha''} . \Theta''' = 0$$

$$V \ldots \omega' . \Theta' + \frac{\omega'' a''}{\alpha'} . \Theta'' + \frac{\omega''' a'' a'''}{\alpha' \alpha''} . \Theta''' + \frac{\omega^{IV} a'' a''' a^{IV}}{\alpha' \alpha'' \alpha'''} . \Theta^{IV} = 0 \text{ u. s. w.}$$

H. Anwendung des Vorhergehenden auf Spiegel.

Die zwei vorhergehenden Abtheilungen (F und G) beziehen sich nur auf ein System von Linsen. Wir wollen nun sehn, wie man dieselben Formeln auch auf ein System von Spiegeln anwenden soll.

Fig. 22. Der leuchtende Punct E sende einen seiner Strahlen EP auf den Spiegel P, der ihn in der Richtung Pq auf den Spiegel cq zurückwirft, und dieser zweite Spiegel reflectire den Strahl in der Richtung qrst.. auf die Linsen C'r, C''s, C'''t.., durch welche er auf die in der Zeichnung angezeigte Art gebrochen wird. Man bestimme den Weg des Strahls, vorausgesetzt, dafs alle Linsen mit dem zweiten Spiegel cq dieselbe Axe EO'' haben und dafs der Strahl in allen Theilen seines Weges sich nur sehr wenig von dieser gemeinschaftlichen Axe entfernt.

Nennt man wieder p und p' die Brennweiten der beiden Spiegel und p'','p''' ..... die der Linsen C'r, C''s... und sind, wie oben, die conjugirten Distanzen

$EC = a$ und $CF = \alpha$
$cF = a'$ $cG = \alpha'$
$GC' = a''$ $C'O = \alpha''$
$OC'' = a'''$ $C''O' = \alpha'''$
$O'C''' = a^{IV}$ $C'''O'' = \alpha^{IV}$ u. s. w.,

so hat man (wie in F. I) die Gleichungen

1 Vergl. *Fernrohr*. Bd. IV. S. 185.

$$\frac{1}{p}=\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha},\ \frac{1}{p'}=\frac{1}{a'}+\frac{1}{\alpha'},\ \frac{1}{p''}=\frac{1}{a''}+\frac{1}{\alpha''}, \text{u. s. w.,}$$

und wenn Δ, Δ', Δ''.. die Distanzen der Spiegel und der Linsen unter einander bezeichnen,

$$\Delta=a'+\alpha,\quad \Delta''=a''+\alpha',\quad \Delta'''=a'''+\alpha'' \text{ u. s. w.}$$

Diese Ausdrücke gelten nämlich nach der oben (in A) erhaltenen Gleichung (III) ebenso wohl für Linsen, als auch für Spiegel, und dasselbe wird daher auch von den übrigen Ausdrükken (in F) gelten, da sie aus den gegenwärtigen auf dieselbe Weise für Spiegel wie für Linsen abgeleitet werden. So erhält man z. B. für die Oeffnungshalbmesser x, x' der Spiegel und x'', x''', x^{IV}... der auf einander folgenden Linsen wie oben (F. II.)

$$x'=\frac{a'x}{\alpha},\quad x''=\frac{a'a''x}{\alpha\alpha'},\ x'''=\frac{a'a''a'''x}{\alpha\alpha'\alpha''} \text{ u. s. w.,}$$

woraus sofort folgt, daſs die Winkel, unter welchen der äuſserste Strahl EP die Axe EO'' in den verschiedenen Puncten F, G, O, O'.... schneidet, folgende Werthe haben:

$$\text{Winkel in } F=\frac{x}{\alpha}$$

$$G=\frac{a'x}{\alpha\alpha'}$$

$$O=\frac{a'a''x}{\alpha\alpha'\alpha''}$$

$$O'=\frac{a'a''a'''x}{\alpha\alpha'\alpha''\alpha'''} \text{ u. s. w.}$$

Ist der leuchtende Gegenstand E sehr weit vom ersten Spiegel entfernt, so ist $a=\infty$ und $\alpha=p$, wie bei den Linsen. Auch wird in diesem Falle die letzte der Gröſsen a'', a''', a^{IV}..... gleich der Brennweite der letzten Linse genommen werden, weil die durch diese Linse gebrochenen Strahlen unter sich parallel ins Auge treten müssen (übereinstimmend mit F. V.).

Ganz dieselben Ausdrücke, die wir oben (F. IV.) für die Gröſse der Bilder oder (F. V.) für die Vergröſserung m des dioptrischen Fernrohrs oder (F. X.) für das halbe Gesichtsfeld φ gefunden haben, werden auch für das gegenwärtige, aus Spiegeln und Linsen zusammengesetzte System gelten.

Digitized by Google

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Anwendung der für Linsen gefundenen Ausdrücke auf Spiegel darf jedoch hier nicht übersehn werden. Es ist der, welcher die Gröfse n betrifft, die im Vorhergehenden so oft vorkommt. Ist nämlich Θ der Einfalls- und Θ' der gebrochene Winkel, so hat man für alle Linsen bekanntlich

$$\frac{\text{Sin.}\,\Theta}{\text{Sin.}\,\Theta'} = n.$$

Für den Uebergang des Lichts aus Luft in dichtere Körper, wo der Strahl durch die Linse zum Einfallslothe hin gebrochen wird, ist $\Theta > \Theta'$, also auch $n > 1$. Für den Uebergang aus Luft in Glas kann man im Mittel $n = \frac{3}{2}$ annehmen, also auch für den Uebergang des Lichts aus Glas in Luft $n = \frac{2}{3}$. Bei Spiegeln aber wird das auf sie fallende Licht von der Oberfläche des Spiegels nicht aufgenommen, sondern, gröfstentheils wenigstens, wieder zurückgeworfen, und zwar bekanntlich so, dafs der Einfallswinkel Θ gleich dem Reflexionswinkel Θ' oder dafs $\Theta = \Theta'$ ist. Diese beiden Gleichungen

$$\frac{\text{Sin.}\,\Theta}{\text{Sin.}\,\Theta'} = n \text{ für die Refraction}$$

und

$$\Theta = \Theta' \text{ für die Reflexion}$$

zeigen, dafs die Reflexion der Lichtstrahlen, analytisch betrachtet, als ein besonderer Fall der Reflexion angesehn werden kann, nämlich als eine Refraction, bei welcher der Einfallswinkel gleich dem gebrochenen Winkel ist, nur mit dem Unterschiede, dafs der reflectirte Strahl nicht der durch die Brechung bestimmten Richtung, sondern der entgegengesetzten folgt. Mit andern Worten: die für die Refraction durch Linsen erhaltenen analytischen Ausdrücke werden auch für die Reflexion durch Spiegel gelten, wenn man nur in jenen ersten die Gröfse $n = -1$ setzt.

J. Parabolische und elliptische Spiegel.

Es ist bereits oben (B) gesagt worden, dafs man leicht solche Spiegelformen finden kann, welche die Eigenschaft haben, dafs alle auf sie aus einem Puncte auffallenden Strahlen wieder in einen einzigen Punct reflectirt werden, für welche Spiegel daher die Abweichung wegen der Gestalt verschwindet,

Digitized by Google

die bei den sphärischen Spiegeln als ein bedeutendes Hindernifs erscheint. Allein es wurde auch zugleich bemerkt, dafs unsere Künstler solche Spiegel nicht mehr mit der erforderlichen Genauigkeit darstellen können und dafs sie daher bei den minder vollkommnen, aber sehr genau ausführbaren sphärischen Spiegeln stehen bleiben müfsten.

Es ist bekannt, dafs in einem Hohlspiegel, welcher durch die Umdrehung einer Parabel um ihre Axe entsteht, alle dieser Axe parallel einfallenden Strahlen nach der Reflexion genau im Brennpuncte der Parabel vereinigt werden, und dafs ebenso bei einem Hohlspiegel, welcher durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre grofse Axe entsteht, die aus einem der beiden Brennpuncte kommenden Strahlen nach der Reflexion sämmtlich in den andern Brennpunct der Ellipse reflectirt werden. Wegen dieser Eigenschaften hat man die parabolischen und elliptischen Spiegel mit grofsen Hoffnungen eines glücklichen Erfolgs für Teleskope vorgeschlagen. Allein auch aufser jener Schwierigkeit der praktischen Ausführung hat man dabei nicht bedacht, dafs bei den parabolischen Spiegeln auch schon die geringste Neigung der Strahlen gegen die Axe oder unter sich selbst und ebenso bei den elliptischen Spiegeln auch nur die kleinste Entfernung des leuchtenden Puncts von dem einen Brennpuncte der Ellipse bewirkt, dafs die Strahlen nach der Reflexion keineswegs mehr in einem einzigen Puncte vereinigt, sondern vielmehr sehr stark zerstreut werden, so dafs dadurch das Bild eines Gegenstandes, der auch nur eine geringe Ausdehnung im Raume hat, sehr undeutlich und verwirrt erscheinen mufs. Um diefs zu zeigen, sey ACP die erzeugende Ellipse eines solchen Spiegels, AP ihre grofse Axe, F, F′ ihre Brennpuncte und die auf der Axe senkrechte Linie $FB = z$ der leuchtende Gegenstand. Dieses vorausgesetzt werden also die von dem Puncte F kommenden Strahlen allerdings genau in den Punct F′ reflectirt und in diesem letzten Puncte wird daher ein deutliches Bild jenes ersten Punctes F erzeugt werden. Um aber auch den Vereinigungspunct der von dem äufsersten Puncte B des Objects FB nach der Reflexion kommenden Strahlen zu finden, verlängere man BF nach f, so dafs $BF = Ff$ werde, und ziehe durch den andern Brennpunct F′ die Linie F′B′ parallel mit FB so, dafs der Endpunct B′ in die Verlängerung der Linie Af falle, so Fig. 23.

ist B′ der gesuchte Vereinigungspunct der von B kommenden Strahlen, vorausgesetzt, daſs die Oeffnung des Spiegels sehr klein angenommen wird, weil nämlich die Axe PA in A senkrecht auf der Ellipse steht und so durch die angegebene Construction der Einfallswinkel gleich dem Reflexionswinkel gemacht wird. Ist also a die halbe groſse Axe, e die Excentricität der Ellipse und FB = z′ das gesuchte Bild, so hat man wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke AFf und AF′B′

$$z' = \frac{1+e}{1-e}.z.$$

Damit aber das Bild B′ von B deutlich erscheine, muſs jeder Strahl BC, der von B kommt, nach dem Puncte B′ reflectirt werden, oder wenn Cq die Normale in C ist, so muſs für jeden Punct C der Winkel BCq gleich dem Winkel qCB′ seyn. Da jedoch die Winkel qCF und qCF′ gleich groſs sind, so muſs auch BCF = B′CF′ seyn. Allein wir werden sogleich sehen, daſs diese Winkel BCF = ω und B′CF′ = ω' nicht nur nicht gleich, sondern vielmehr beträchtlich von einander verschieden sind.

Zu diesem Zwecke sey FC = r und AFC = ν und ebenso F′C = r′ = 2a − r und AF′C = ν', so hat man aus der bekannten Gleichung der Ellipse, wenn p den halben Parameter derselben bezeichnet,

$$r = \frac{p}{1 + e \,\text{Cos.}\, \nu}, \quad r' = \frac{p}{1 - e \,\text{Cos.}\, \nu}$$

und

$$\text{Sin.}\, \nu' = \frac{r}{r'} . \text{Sin.}\, \nu.$$

Allein die Dreiecke BFC und B′F′C geben, wenn man auf die vorhergehende Gleichung

$$(1 - e)\, z' = (1 + e)\, z$$

Rücksicht nimmt,

$$\text{Tang.}\, \omega = \frac{z \,\text{Cos.}\, \nu}{r + z \,\text{Sin.}\, \nu},$$

$$\text{Sin.}\, \nu' = \frac{r \,\text{Sin.}\, \nu}{2a - r}$$

und überdieſs

$$\text{Tang.}\, \omega' = \frac{z' \,\text{Cos.}\, \nu'}{r' - z' \,\text{Sin.}\, \nu'} = \frac{z' \,\text{Cos.}\, \nu'}{2a - r - z' \,\text{Sin.}\, \nu'}.$$

Aus diesen Gleichungen kann man für jeden Werth von ν die beiden Winkel ω und ω' finden. Zur bequemern Uebersicht wollen wir den Winkel ν nur klein annehmen und die beiden Werthe von ω und ω' in Reihen auflösen, in welchen wir die Gröfsen von der Ordnung $z . \nu^2$ und $z^2 . \nu$ vernachlässigen. Unter dieser Voraussetzung giebt die Gleichung für die Ellipse

$$\frac{1}{r} \text{Cos.}\, \nu = \frac{1+e}{p} - (1+2e)\frac{\nu^2}{2p}$$

und

$$\frac{1}{r'} \text{Cos.}\, \nu' = \frac{1-e}{p} - \frac{(1-2e)\nu'^2}{2p},$$

und endlich

$$\nu' = \frac{1-e}{1+e} . \nu.$$

Substituirt man diese Werthe in den vorhergehenden Ausdrücken von Tang. ω und Tang. ω', so erhält man

$$\text{Tang.}\, \omega = \frac{z(1+e)}{p} - (1+2e)\frac{z\nu^2}{2p} - (1+e)^2 \frac{z^2 \nu}{p^2}$$

$$\text{Tang.}\, \omega' = \frac{z'(1-e)}{p} - (1-2e)\frac{z'\nu'^2}{2p} + (1-e)^2 \frac{z'^2 \nu'}{p^2}$$

oder, wenn man in der letzten Gleichung die vorhergehenden Werthe von z' und z substituirt,

$$\text{Tang.}\, \omega' = (1+e)\frac{z}{p} - \frac{(1-2e)(1-e)\, z\nu^2}{2(1+e)p} + (1-e^2) . \frac{z^2 \nu}{p^2}.$$

Die Differenz dieser beiden Werthe von Tang. ω' und Tang. ω giebt, da auch die Winkel ω' und ω nur klein sind,

$$\omega' - \omega = \frac{3ez\nu^2}{p(1+e)} + 2(1+e)\frac{z^2\nu}{p^2},$$

und diese Gleichung zeigt, dafs nicht $\omega' = \omega$ ist, und dafs die Differenz dieser Winkel oder dafs die daraus entstehende Undeutlichkeit des Bildes desto gröfser ist, je gröfser der Halbmesser z des leuchtenden Gegenstandes, je gröfser die halbe Oeffnung ν des Spiegels und je gröfser endlich die Excentricität e der Ellipse ist. Ist z. B. $\nu = 12^\circ = 43200''$, $z = 0{,}05$ Zoll und $p = 4{,}3$, so hat man für $e = 0{,}64$

$$\frac{3ez\nu^2 \text{Sin.}\, 1''}{p(1+e)} = 123''$$

und

$$\frac{2(1+e)z^2\nu}{p^2} = 19'',1,$$

also auch die gesuchte Differenz

$$\omega' - \omega = 142'',1 = 0^\circ\,2'\,22'',1$$

oder bereits grofs genug, um schon eine sehr störende Undeutlichkeit des Bildes zu erzeugen, woraus aber folgt, dafs die so oft zu Teleskopen vorgeschlagenen parabolischen oder hyperbolischen Spiegel, wenn sie auch von unsern Künstlern in der geforderten Schärfe erzeugt werden könnten, doch nicht geeignet seyn würden, zur Vervollkommnung unserer Teleskope wesentlich beizutragen.

K. Newton's Teleskop.

Wir gehen nun zu der Beschreibung und Erklärung der vorzüglichsten unserer Spiegelteleskope über.

Bald nach der Erfindung der dioptrischen Fernröhre im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts kam der italienische Jesuit Niccolo Zucchi zuerst, wie es scheint, auf die Idee, der Objectivlinse von Glas einen Spiegel zu substituiren und auf diese Weise zuerst ein Spiegelteleskop auszuführen. Ohne Zucchi's Erfindung zu kennen, machte Mersenne um das Jahr 1639 in Paris ähnliche Versuche, so wie 1663 Jacob Gregory in England. Die beiden Letztern wollten durchaus parabolische Spiegel in Aufnahme bringen, da sie von ihnen allein die gewünschte Wirkung erwarteten. Endlich bemächtigte sich Newton im Jahre 1668 dieses Gegenstandes, und gab nicht nur zuerst eine vollkommene Beschreibung desselben, sondern führte ihn auch auf eine Weise praktisch aus, die die Bewunderung aller seiner Zeitgenossen auf sich zog. Dieses *Newtonianische Teleskop*, wie es noch jetzt genannt wird, erhielt vorzüglich defswegen einen so allgemeinen Beifall, weil es die Gegenstände ohne alle Farbe an ihrem Rande zeigte, was keines der damaligen dioptrischen Fernröhre zu leisten im Stande gewesen war.

Aus dem Vorhergehenden ist bekannt, dafs die Lichtstrahlen, die parallel mit der Axe auf einen sphärischen Hohlspiegel einfallen, in einen Punct der Axe zurückgeworfen werden, der um den halben Halbmesser der Kugel entfernt ist, von welcher der Spiegel einen Theil bildet. (A. Gleichung II.)

Dieses vorausgesetzt stelle P p p' P' einen hohlen Cylinder vor, der auf irgend einem Fufsgestelle so befestigt ist, dafs er leicht nach jedem Puncte des Himmels gerichtet werden kann. Das eine Ende dieses Cylinders sey durch einen sphärischen Hohlspiegel P A P' geschlossen, dessen Brennpunct F in der gemeinschaftlichen Axe des Cylinders und des Spiegels so liegt, dafs A F gleich dem halben Halbmesser des Spiegels ist. Wird demnach der an dem andern Ende p p' offene Cylinder so gestellt, dafs von einem sehr entfernten Gegenstande die Lichtstrahlen auf den Spiegel fallen, so wird in diesem Brennpuncte F ein farbenloses Bild jenes Gegenstandes entstehen. Wird aber der von dem Spiegel kommende Strahlenbüschel in einer geringen Entfernung von F, wo dieser Büschel wegen der Convergenz seiner Strahlen schon sehr eng geworden ist, durch einen kleinen ebenen Spiegel s a s', der gegen die Axe A F unter einem Winkel von 45 Graden geneigt ist, aufgefangen, so mufs derselbe gegen F' hin und so reflectirt werden, dafs A a s' = F a s und dafs a F = a F' ist, weil der ebene Spiegel die Convergenz oder die Neigung der Strahlen nicht ändert. Dann wird also das Bild des Gegenstandes im Puncte F' erscheinen. Wird nun in der Umgegend von F' eine Oeffnung in der Cylinderwand angebracht und in dieser Oeffnung ein anderer kleiner Cylinder n n' m' m, so wird das Auge in O durch Hülfe von Ocularlinsen, die in der kleinen Röhre zweckmäfsig angebracht sind, gleichsam durch ein Mikroskop jenes Bild in F' deutlich sehen können. Diese Vorrichtung stellt die Gegenstände verkehrt dar, wenn nicht, wie bei dem Erdfernrohre, durch mehrere Ocularlinsen für eine neue Inversion des Gegenstandes gesorgt wird, und man sieht überdiefs die Gegenstände, welche man durch das Fernrohr betrachtet, in einer auf ihre wahre Lage senkrechten Richtung oder man sieht sie in der Richtung O F', während man sie mit unbewaffnetem Auge in einer durch O gehenden und mit A F parallelen Lage sehen würde. Das Blatt r t, an welchem der Spiegel s a s' befestigt ist, dient dazu, diesen Spiegel mittelst der Druckschraube H an dem Orte des Innern des Cylinders zu befestigen, wo die Bilder der Objecte am deutlichsten erscheinen. Die Abweichung wegen der Farben ist bei diesem und allen andern Spiegelteleskopen, wie bereits gesagt, nur insofern zu berücksichtigen, als mit diesen Instrumenten auch

Fig. 24.

Digitized by Google

Glaslinsen, zu den Ocularen nämlich, angewendet werden. Auch die Abweichung wegen der sphärischen Gestalt ist, wie oben (B) gezeigt wurde, bei den Spiegeln beträchtlich kleiner, als bei den Linsen. Dessenungeachtet ist diese letzte Abweichung bei Spiegeln von sehr grofser Oeffnung (und diese sind für starke Vergröfserungen immer nothwendig) oft sehr störend, und dieses ist auch die Ursache, warum man bei Newton's Teleskope die Oeffnung des Spiegels nicht leicht gröfser als $\frac{1}{12}$ oder $\frac{1}{15}$ ihrer Brennweite anzunehmen pflegt. Wenn die kleine Röhre n n′ m m′ nur eine einzige Ocularlinse enthält, so werden, bei stärkern Vergröfserungen wenigstens, die Ränder des Bildes schon farbig erscheinen. Man wird daher besser eine doppelte Linse anwenden und diese nach dem einrichten, was oben[1] gesagt worden ist, um diese Farbenzerstreuung aufzuheben.

Die Abweichung wegen der Gestalt aber ist (nach B.), wenn man a = h setzt, wie für Teleskope, durch die man nur sehr weit entfernte Gegenstände betrachten will, angemessen ist,

$$R = \frac{m x^3}{4} . \left[P + \left(\frac{a'}{\alpha}\right)^4 . P' + \left(\frac{a' a''}{\alpha \alpha'}\right)^4 . P'' + \left(\frac{a' a'' a'''}{\alpha \alpha' \alpha''}\right)^4 . P''' + ..\right]$$

und in diesem Ausdrucke gehören die in P″, P‴... multiplicirten Glieder blofs den Ocularlinsen an, deren Wirkung immer nur sehr klein ist und durch eine einfache Veränderung der Stellung dieser Linsen leicht ganz unmerklich gemacht werden kann. Nicht so ist es mit den beiden ersten Gliedern des vorhergehenden Ausdrucks, die den beiden Spiegeln des Teleskops angehören und die daher eine besondere Berücksichtigung verdienen. Setzt man, für weit entfernte Gegenstände, $a = \infty$ und $\alpha = p$, so findet man

$$P = \frac{1}{8 p^3} \text{ und } P' = \frac{(\alpha' - a')^2}{8 a'^2 \alpha'^2 p'},$$

so dafs man also hat

$$R = \frac{m x^3}{32 p^3} \left[1 + \frac{a'^2 (\alpha' - a')^2}{\alpha'^2 p p'}\right]$$

und diese Gleichung gehört, wie man sieht, für alle Spiegelteleskope. Für das Newtonianische, wo der zweite Spiegel ein ebener ist, hat man $p' = \infty$ und daher

---

1 S. Art. *Mikroskop*. Bd. VI. S. 2241.

Digitized by Google

$$R = \frac{m x^3}{32 p^3}.$$

Dieser Ausdruck, der daher die ganze Wirkung des grofsen Spiegels enthält, ist zwar viel kleiner, als er bei einer ebenso grofsen Linse seyn würde. Wenn aber die Oeffnung x des Spiegels bedeutend und die Vergröfserung m stark ist, so kann R immer noch leicht einen so grofsen Werth haben, dafs dadurch die Deutlichkeit des Bildes gestört wird. Ist z. B.

$m = 100$ und $\frac{x}{p} = \frac{1}{10}$, so findet man

$$R = \frac{1}{2560} = 0^\circ\ 1'\ 21'',$$

einen schon bedeutenden Winkel, der auf die Reinheit des Bildes sehr nachtheilig einwirken kann.

Da es schwer, wenn nicht unmöglich ist, die Oeffnung eines Spiegels, bei welcher die sphärische Abweichung noch unmerklich ist, theoretisch zu bestimmen, so wird es am gerathensten seyn, zur Erfahrung zurückzugehen, und bei einzelnen gegebenen Teleskopen zu sehen, wie weit man hierin gehn kann. Es wurde oben (letzte Gleichung unter B) gezeigt, dafs, für dieselbe sphärische Abweichung, die vierten Potenzen der Oeffnung x sich wie die dritten Potenzen der Brennweite p des Spiegels verhalten müssen. Sind demnach x und x' die halben Oeffnungen zweier Objectivspiegel und p und p' ihre Brennweiten, so hat man

$$x^4 : x'^4 = p^3 : p'^3,$$

also auch

$$x = x' \sqrt[4]{\frac{p^3}{p'^3}}$$

oder

$x = h \cdot \sqrt[4]{p^3}$, wenn nämlich der Kürze wegen $h = \frac{x'}{\sqrt[4]{p'^3}}$

gesetzt wird. Bezeichnet aber y den Halbmesser des cylindrischen Lichtbüschels, der nach der Refraction durch das Ocular aus dieser Linse tritt, so mufs, da y wegen der Klarheit, die bei beiden Spiegeln dieselbe bleiben soll, der Vergröfserung umgekehrt proportional ist, die Proportion bestehn:

$$m : m' = \frac{x}{y} : \frac{x'}{y},$$

Digitized by Google

wo m die Vergröſserung des Teleskops bezeichnet. Daraus folgt

$$m = h' . \sqrt[4]{p^3},$$

wenn wieder

$$h = \frac{m'}{\sqrt[4]{p'^3}}$$

gesetzt wird. Da aber die Vergröſserung $m = \frac{p}{q}$ ist, wenn q die Brennweite der Ocularlinse bezeichnet, so hat man

$$q = \frac{p}{m} = \frac{1}{h'} . \sqrt[4]{p}.$$

Wir erhalten demnach folgende Ausdrücke

$$h = \frac{x'}{\sqrt[4]{p'^3}} \text{ und } h' = \frac{m'}{\sqrt[4]{p'^3}},$$

$$x = h . \sqrt[4]{p^3}, \; m = h' . \sqrt[4]{p^3} \text{ und } q = \frac{\sqrt[4]{p}}{h'},$$

und mittelst dieser Gleichungen wird man jedes Teleskop leicht mit einem andern, dessen Wirkung schon aus Beobachtungen erprobt ist, vergleichen können. Um dieses durch ein Beispiel zu zeigen, wollen wir die Behauptung Hadley's, der zuerst die Objectivspiegel der Teleskope zu einer namhaften Vollkommenheit gebracht hatte, zu Grunde legen, nach welcher ein Objectivspiegel von 62½ engl. Zoll Focaldistanz eine Oeffnung von 5 Zoll und eine Ocularlinse von $\frac{3}{10}$ Zoll noch sehr gut vertragen soll. Hadley macht dabei die Bemerkung, daſs ein solches Teleskop einem dioptrischen Fernrohre von Huyghens von 123 Zoll Länge, aber ohne Röhre, völlig gleich zu achten sey, indem er durch das erste alles das sehen konnte, was Huyghens durch das letzte sah. Hadley sah mit jenem Teleskop nach seiner Versicherung die fünf entferntern Satelliten Saturns. Sucht man aus den obigen Bestimmungen die Gröſse der sphärischen Abweichung R dieses Hadley'schen Teleskops, so findet man $\frac{x'}{p'} = \frac{1}{25}$, also auch R = 85″,9, eine Gröſse, die man allerdings schon als die Grenze betrachten muſs, die ein Spiegelteleskop nicht leicht übersteigen darf. Betrachtet man also, um das aufgestellte Beispiel weiter fortzuführen, die

Digitized by Google

mit einem Accent bezeichneten Gröſsen als dem Hadley'schen Teleskop angehörende, so hat man

$$p' = 62{,}5,\ q' = 0{,}3,$$

$$x' = \tfrac{5}{2} \text{ und } m' = \frac{p'}{q'} = 208{,}33.$$

Daraus erhält man aber mittelst der vorigen Gleichungen

$$h = 0{,}1125,\ h' = 9{,}3722$$

$$x = 0{,}1125 \sqrt[4]{p^3}$$

$$m = 9{,}3722 \sqrt[4]{p^3},\quad q = 0{,}1067 \sqrt[4]{p}.$$

Verlangt man also z. B. für einen Spiegel von 10 engl. Fuſs Focaldistanz die Oeffnung x, die Vergröſserung m und die Brennweite q des ihnen entsprechenden Oculars, so hat man

$p = 120$ Zoll, und Log. $\sqrt[4]{p} = 0{,}51979$, so wie

$$\text{Log.} \sqrt[4]{p^3} = 1{,}55938,$$

also auch

$$x = 4{,}0777 \text{ Zoll}$$
$$m = 340$$
$$q = 0{,}353 \text{ Zoll.}$$

Die ganze Oeffnung des Objectivspiegels wird demnach $2x = 8{,}1554$, die Brennweite des Oculars $q = 0{,}353$, die Vergröſserung $m = 340$ seyn.

Nach diesen Vorschriften hat Smith[1] folgende Tafel berechnet, die für die Künstler von gutem Gebrauche seyn wird.

---

1 Cours d'Optique. T. I. p. 394. éd. Avignon. 1767.

Digitized by Google

Brennweite des Spiegels in Fufsen p	Brennweite des Oculars in Zollen q	Vergrößerung m	Oeffnung des Spiegels in Zollen 2x	Brennweite des Oculars für die natürliche Helligkeit. Zoll.
½	0,167	36	0,864	0,696
1	0,199	60	1,440	0,829
2	0,236	102	2,448	0,983
3	0,261	138	3,312	1,087
4	0,281	171	4,104	1,171
5	0,297	202	4,848	1,237
6	0,311	232	5,568	1,296
7	0,323	260	6,240	1,346
8	0,334	287	6,888	1,392
9	0,344	314	7,536	1,433
10	0,353	340	8,160	1,471
11	0,362	365	8,760	1,508
12	0,367	390	9,360	1,529
13	0,377	414	9,936	1,571
14	0,384	437	10,488	1,600
15	0,391	460	11,040	1,629
16	0,397	483	11,592	1,654
17	0,403	506	12,143	1,679

Um die letzte Columne dieser Tafel zu erklären, sey ξ der Halbmesser des kleinen Strahlencylinders, der aus dem Oculare in das Auge des Beobachters dringt, w der Halbmesser der Pupille, C die natürliche Helligkeit und endlich C' die durch das Teleskop erhaltene Helligkeit, so hat man (nach F. VII.)

$$C' = C \cdot \frac{\xi^2}{w^2}.$$

$$\text{Es ist aber } \xi = \frac{x}{m} = \frac{2,5}{208,33} = 0,012 \text{ Zoll,}$$

und dieses Resultat erhält man also, wenn man die halbe Oeffnung x (der vierten Columne der Tafel) durch die Vergröfserung m (der dritten Columne) dividirt. Setzt man den Radius der Pupille $w = \frac{1}{20}$, wie oben, so erhält man

$$C' = 0,0576\ C \text{ oder nahe } C' = \frac{1}{17}\ C$$

oder die Helligkeit der durch das Teleskop gesehenen Gegenstände ist nahe 17mal kleiner als die für das freie Auge. In dem obigen Huyghens'schen Fernrohre findet man

$$C' = 0,0784\ C,$$

also etwas gröſser als zuvor. Die erste Columne der vorher-

gehenden Tafel giebt also die Brennweite des grofsen Spiegels; die zweite enthält die Brennweite des Oculars, die der Grenze der kleinsten Helligkeit, die noch gebraucht werden kann, entspricht; die dritte giebt die Vergröfserung; die vierte die ganze Oeffnung oder den Durchmesser des grofsen Spiegels; die fünfte endlich giebt die Brennweite des Oculars, das der natürlichen Helligkeit entspricht, und für diesen Fall erhält man die Vergröfserung, wenn man die Oeffnung der vierten Columne durch 10 multiplicirt. Wollte man z. B. mittelst dieser Tafel ein Newtonianisches Teleskop von 8 Fufs Brennweite construiren, so sieht man aus der Tafel, dafs der Durchmesser oder die Oeffnung des grofsen Spiegels gleich 6,888 Zoll seyn soll. Die geringste Vergröfserung, die man bei einem solchen Spiegel anwenden kann, ist das Zehnfache dieser Oeffnung oder ist nahe gleich 69, und diese Vergröfserung erhält man mit einem Oculare, dessen Brennweite 1,392 Zoll ist. Die stärkste Vergröfserung aber, die man bei diesem Spiegel noch anwenden kann, wird 287 seyn, wie die dritte Columne der Tafel zeigt, und diese letzte Vergröfserung erhält man mit einem Oculare von 0,334 Zoll Brennweite. Uebrigens wird es gut seyn, zu einem solchen Spiegel mehrere Oculare verfertigen zu lassen, deren Brennweiten zwischen die erwähnten zwei Grenzen 1,392 und 0,334 Zoll fallen, um bei Gegenständen, die mehr oder weniger Licht haben, immer das angemessenste von diesen Ocularen anwenden zu können.

Noch mufs bemerkt werden, dafs in dem Vorhergehenden auf denjenigen Lichtverlust keine Rücksicht genommen ist, welcher durch die minder vollkommene Politur der Spiegel und durch die Reflexion und Refraction durch Spiegel und Linsen selbst verursacht wird. Es ist schwer, diesen Verlust genau zu berechnen, aber der Künstler mufs dessenungeachtet auf praktischem Wege darauf Rücksicht nehmen. Immer aber wird die Klarheit oder Helligkeit des Teleskops aus dieser Ursache kleiner seyn, als sie von der Theorie angegeben wird.

Vergleichen wir mit der vorhergehenden Tafel diejenige, die Huyghens für dioptrische Fernröhre gegeben hat[1].

---

1 S. Littrow's Dioptrik. Wien 1830. S. 261.

Brennweite des Objectivs	Brennweite des Oculars	Vergröſse-rung	Oeffnung des Objectivs 2 x
1 Fuſs	0,61 Zoll	20	0,55 Zoll
2	0,85	28	0,77
3	1,05	34	0,95
4	1,20	40	1,09
5	1,35	44	1,23
6	1.47	49	1,34
7	1,60	53	1,45
8	1,71	56	1,55
9	1,80	60	1,64
10	1,90	63	1,73
15	2,32	77	2,12
20	2,70	89	2,45
25	3,01	100	2,74

Der erste vergleichende Blick, den man auf beide Tafeln wirft, zeigt schon die groſsen Vorzüge, die dem Spiegelteleskope gegenüber dem dioptrischen Fernrohre zukommen. Ein Spiegel von 2 Fuſs Brennweite z. B. verträgt schon eine 102fache Vergröſserung, die man mit einem Huyghens'schen Fernrohre erst mit einer Objectivlinse von 25 Fuſs Brennweite erreichen kann. Es ist wahr, daſs die Erfindung der achromatischen Fernröhre durch Dollond jene überwiegenden Vortheile der Spiegelteleskope um einen sehr groſsen Theil vermindert hat, weil man den achromatischen Fernröhren eine viel gröſsere Oeffnung geben kann; auch ist nicht zu leugnen, daſs die feinpolirten Spiegel, wenn sie der Luft, besonders zur Nachtzeit, ausgesetzt werden, sehr leicht oxydiren und matt, ja selbst ganz unbrauchbar werden, während die Gläser schon bei einer geringen Vorsicht leicht im guten Zustande erhalten werden können. Selbst die bequemere Handhabung der dioptrischen Fernröhre bei Beobachtungen und bei ihrer Anbringung an messende Instrumente, z. B. an die astronomischen Kreise, spricht wieder für die letzteren, um so mehr, da so groſse und kostbare Spiegel gewöhnlich nicht in ihren Rahmen bleiben, sondern nach vollendeter Beobachtung wieder herausgenommen und an einem Orte verwahrt werden müssen, der gegen die Einwirkung der Luft und der Feuchtigkeit geschützt ist, ein Verfahren, das die Spiegel zur Anwendung auf eigentliche *Meſsinstrumente* in der Astronomie

Digitized by Google

unanwendbar macht, da es nicht möglich ist, einen solchen Spiegel genau wieder in seine frühere Lage zu bringen und also auch frühere Beobachtungen mit spätern zu vergleichen. Auf der andern Seite erfordern aber unsere achromatischen Fernröhre, wenn sie sehr stark vergröfsern sollen, auch sehr lange Röhren, die an Meridiankreisen z. B. sehr unbequem und selbst schädlich sind, da sie wegen ihrer Länge mannigfaltigen Biegungen unterworfen sind, ein Vorwurf, der die *dialytischen Fernröhre* nicht mehr trifft, wie sie von Plössl in Wien verfertigt werden, da sie bei gleicher Wirkung mit den achromatischen Fernröhren um den fünften und selbst vierten Theil kürzer seyn können, als diese.

Abgesehn aber von diesem eigentlich messenden Gebrauche der Fernröhre werden die Spiegelteleskope überall da als die vorzüglichsten Sehwerkzeuge anzuerkennen seyn, wo es sich blofs um eine starke Vergröfserung und um eine bedeutende Lichtstärke handelt, wie denn auch, in dieser Beziehung, keines unserer bisherigen dioptrischen Fernröhre solche Leistungen aufzuweisen hat, wie sie die grofsen Spiegelteleskope Herschel's geliefert haben, die in Beziehung auf ihre Vergröfserung wenigstens von keinem andern erreicht worden sind. Nicht so vielleicht in Hinsicht auf Lichtstärke, nämlich im Verhältnifs zu ihrer Gröfse. Denn wenn auch die Lichtstärke der Herschel'schen Teleskope viel gröfser seyn mag, als die unserer besten Fernröhre, da die Oberfläche ihrer Objectivspiegel ebenfalls die Oberfläche der Objectivlinsen so weit übertrifft, so scheint doch die Helligkeit dieser Spiegel noch lange nicht so grofs zu seyn, als sie von so grofsen und wohlpolirten Flächen zu erwarten wäre. Die Ursache dieser Erscheinung ist wahrscheinlich in der sphärischen Gestalt zu suchen, die Herschel, aus den oben angeführten Gründen, für seine Spiegel beibehalten hat. Bei Spiegeln von so grofser Oeffnung ist, wie wir oben gesehn haben, die Abweichung R wegen der Sphäricität derselben nothwendig auch bedeutend, und dadurch wird die Helligkeit oder eigentlich die Reinheit und scharfe Begrenzung des Bildes ohne Zweifel sehr gestört. Anders scheint es sich mit denjenigen *parabolischen* Spiegeln zu verhalten, die erst in den letzten Jahren Amici in Modena mit so grofser Vollkommenheit zu verfertigen wufste, dafs er mit einem seiner Teleskope dieser Art,

das 8 Fufs Länge und nur 11 Zoll Oeffnung hatte, die Satelliten Jupiters selbst bei vollem Tageslichte deutlich sehn konnte.

L. Gregory's Teleskop.

Es wurde bereits oben erwähnt, dafs JACOB GREGORY in England gegen das Jahr 1663, also mehrere Jahre vor NEWTON, Spiegelteleskope zu verfertigen suchte, von welchen aber die ersten seinen Wünschen nicht entsprachen, wahrscheinlich weil die elliptische und parabolische Form, die er seinen Spiegeln geben zu müssen glaubte, nicht in der hier nöthigen Vollkommenheit ausgeführt werden konnte. Nachdem NEWTON seine Construction des Teleskops bereits bekannt gemacht hatte, wendete sich auch GREGORY den sphärischen Spiegeln wieder zu, gab ihnen aber eine andere Stellung, wodurch er den für die Beobachtungen allerdings bedeutenden Vortheil erreichte, dafs er sein Teleskop in der Richtung der Gesichtslinie von dem Auge nach dem Gegenstande zu richten konnte, während bei der Einrichtung NEWTON's das Fernrohr auf der Gesichtslinie senkrecht stand. Nach dieser Construction ist
Fig. 25. Ppp'P' ein bei pp' offener Cylinder mit dem sphärischen Spiegel bAb', dessen Axe mit der Axe des Cylinders zusammenfällt und der in seiner Mitte A durchbohrt ist. Diese Oeffnung A führt zu einem zweiten kleineren Cylinder POP', in welchem die beiden Ocularlinsen n und n' enthalten sind. Der Brennpunct dieses grofsen oder Objectivspiegels ist F und auf der andern Seite dieses Punctes F ist ein anderer, kleinerer concaver Spiegel ss' auf derselben Axe aufgestellt, der die von F kommenden Strahlen auf das Ocular n' reflectirt, von welchem sie auf das Ocular n und endlich in das Auge bei O geführt werden. Mittelst der Schraube HL kann der kleine Spiegel ss' von dem grofsen bAb' entfernt oder ihm genähert werden, bis das Bild des Gegenstandes am deutlichsten erscheint.

Es ist klar, dafs man zwei Hohlspiegel mit zwei Ocularlinsen auf verschiedene Weisen zu einem Spiegelteleskop zusammenstellen kann. Zuerst könnte man das von einem sehr entfernten Gegenstande entworfene Bild F durch den kleinen Spiegel nach A bringen und daselbst durch ein einfaches Ocu-

Digitized by Google

lar n' vergrösert darstellen lassen, oder auch durch ein doppeltes Ocular n' und n, wie es in den von Ramsden verfertigten Spiegelteleskopen dieser Art gewöhnlich ist. Allein bei dieser Einrichtung wird das Gesichtsfeld des Teleskops zu klein, und es ist schwierig, die gefärbten Ränder des letzten Bildes gänzlich wegzuschaffen. Auch läſst sich in der Gegend A der Oeffnung des groſsen Spiegels nicht wohl ein Diaphragma oder eine Blendung anbringen, da dieses die directen Lichtstrahlen hindern würde, die wichtigsten Theile des groſsen Spiegels, die nämlich nahe um seine Oeffnung herumliegen, zu erreichen. In der That muſs schon diese Oeffnung selbst in der Mitte des Spiegels als ein groſser Nachtheil der Gregorianischen Teleskope betrachtet werden, da durch dasselbe die Haupt- oder Centralstrahlen ganz verloren gehn. Diesem letzten Uebelstande könnte man allerdings dadurch begegnen, daſs man den zweiten oder kleinern Spiegel so stellt, damit das von ihm entworfene oder das zweite Bild in die Fläche des groſsen Spiegels selbst falle, wo dann die beiden Linsen n' und n etwas gen O zurückgerückt werden müssen. Aber dadurch wird doch den beiden andern Fehlern, dem zu kleinen Gesichtsfelde und dem gefärbten Rande, nicht abgeholfen. Eine dritte Anordnung, und diese ist in der That diejenige, welche man bei der Construction dieser Teleskope vorzugsweise gewählt hat, ist die, bei welcher das zweite Bild zwischen die beiden Ocularlinsen fällt und wo überdieſs die erste dieser Linsen in der Oeffnung des groſsen Spiegels selbst steht.

Sey also PP' der groſse, in RR' durchbohrte und QQ' der kleine Spiegel, RR' und ss' die beiden Linsen und Gpq die gemeinschaftliche Axe dieser Linsen und Spiegel. Sey ferner F der Brennpunct des groſsen Spiegels, also auch Ff das verkehrte Bild eines entfernten Gegenstandes. Das zweite Bild würde, wenn die erste Linse RR' nicht da wäre, Gg seyn; da aber diese Linse die von F auf sie fallenden Strahlen mehr convergent macht, so werde dadurch dieses zweite Bild nach Hh gebracht, wo H der Brennpunct des zweiten Oculars ss' ist, so daſs also die Strahlen von dem zweiten Bilde Hh durch die letzte Linse ss' in unter sich parallelen Richtungen nach dem Auge O des Beobachters kom- Fig. 26.

men. Nach dieser Anordnung haben wir also, wenn wir die oben eingeführten Bezeichnungen beibehalten,

$$Fp = \alpha = p, \quad Fq = a' \quad Gq = \alpha',$$
$$Gp = -a'', \quad Hp = \alpha'' \text{ und } Hn = a''' = p''',$$

wo p die Brennweite des grofsen Spiegels und p''' die Brennweite der letzten Linse n ist. Ebenso wollen wir, wie zuvor, p' die Brennweite des kleinen Spiegels QQ' und p'' die der ersten Linse RR' nennen. Die halbe Oeffnung des grofsen Spiegels aber soll x und die halben Oeffnungen des kleinen Spiegels, der Linse p und der Linse n in derselben Ordnung $p'\omega'$, $p''\omega''$, $p'''\omega'''$ seyn, wo, wie die Figur zeigt, die Gröfsen ω' und ω'' positiv, ω''' aber negativ ist. Von den Gröfsen α, α', α'' ... und a, a', a'', ... ist blofs die Gröfse a'' negativ, alle andern aber positiv, und m wird dann auch eine negative Gröfse oder das letzte Bild des Teleskops wird aufrecht seyn. Dieses vorausgesetzt mufs nun folgenden Bedingungsgleichungen genug gethan werden:

$$m = \frac{\alpha \alpha' \alpha''}{a' a'' a'''}, \quad p'\omega' = (\alpha + a').\varphi$$

$$p''\omega'' = \left(\frac{\alpha \alpha'}{a''} - a''\right)\varphi + a''\omega'$$

$$\varphi = \frac{\omega''' - \omega'' + \omega'}{m+1},$$

welche Gleichungen alle aus F. I bis X. folgen. Da endlich noch die Linse RR' in der Fläche des grofsen Spiegels liegen soll, so mufs $\alpha + a' = \alpha' + a''$ seyn.

Um den gefärbten Rand der Bilder wegzuschaffen, wird man (nach G.)

$$\omega'' + \omega''' . \frac{a'''}{\alpha''} = 0$$

setzen, weil nämlich $\Theta' = 0$ und $\Theta'' = \Theta'''$ ist, wenn beide Linsen aus derselben Glasart genommen werden. Um alles auf positive Gröfsen zurückzubringen, wollen wir

$$\frac{\alpha}{a'} = P, \quad \frac{\alpha'}{a''} = -P', \quad \frac{\alpha''}{a'''} = P''$$

setzen und m in $-$ m, so wie ω''' in $-\omega'''$ verwandeln, wo dann für das gröfstmögliche Gesichtsfeld $\omega'' = \omega'''$ gesetzt werden mufs. Endlich wollen wir noch der Kürze wegen

$\omega' = \zeta . \omega'''$ setzen. Durch diese Anordnungen gehn die vorhergehenden Gleichungen in folgende über:

$$(I)\ m = P P' P''; \quad (II)\ \frac{\zeta \omega''' p'}{a'} = (P+1).\varphi$$

$$(III)\ \frac{\omega''' p''}{a''} = -(P P' + 1)\varphi + \zeta . \omega'''; \quad (IV)\ \varphi = \frac{(2-\zeta)\omega''}{m-1}$$

$$(V)\ a'(P+1) = -a''(P'-1); \quad (VI)\ 1 - \frac{1}{P''} = 0.$$

Mit Hülfe dieser sechs Gleichungen sollen nun die sechs Gröfsen

$$\alpha,\ \alpha',\ \alpha'',\ a',\ a''\ \text{und}\ a'''$$

und durch die letzten die Gröfsen m, ω''', φ und ζ bestimmt werden. Nehmen wir also die Gröfsen α, ω''' und m als gegeben an, und lassen wir überdiefs die Gröfse P noch unbestimmt, da wir in der Folge bald Gelegenheit haben werden, über sie auf eine angemessene Weise zu verfügen. Um aus den angenommenen Gröfsen α, ω''', m und P alle übrigen zu bestimmen, so giebt zuerst die Gleichung (VI)

$$P'' = 1,$$

woraus sofort folgt

$$\alpha'' = a''' = p'''.$$

Ueberdiefs giebt die Gleichung (I)

$$P' = \frac{m}{P}$$

und aus der Stellung der Zeichnung folgt

$$a' = \frac{\alpha}{P}\ \text{und}\ a'' = -\frac{\alpha'}{P'}.$$

Damit giebt aber die Gleichung (V)

$$\alpha' = \frac{(P+1)m\alpha}{P(m-P)} \quad \ldots \quad (a)$$

Aus der Fundamentalgleichung der Optik

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{\alpha'}$$

aber folgt sofort, wenn man in ihr die vorhergehenden Werthe von a' und α' substituirt,

$$p' = \frac{m(P+1).\alpha}{mP(P+2) - P^2} \quad \ldots \quad (b)$$

Ueberdiefs hat man

$$a'' = -\frac{\alpha'}{P'} = -\frac{P\alpha'}{m} = -\frac{(P+1)\alpha}{m-P} \quad \ldots \quad (c)$$

Digitized by Google

$$\frac{p'}{a'} = \frac{(P+1)m}{m(P+2)-P} \; . \; . \quad (d)$$

Dieser Werth von $\frac{p'}{a'}$ aber, mit der Gleichung (II) verbunden, giebt

$$\zeta\omega''' = \frac{m(P+2)-P}{m} . \varphi \; . \; . \; (e)$$

und da ebenso die Gleichung (IV) giebt

$$\zeta\omega''' = 2\omega''' - (m-1)\varphi,$$

so hat man, wenn man diese zwei Werthe von $\zeta\omega'''$ einander gleich setzt,

$$\varphi = \frac{2m\omega'''}{m(m+1)+P(m-1)} \; . \; . \quad (f)$$

Führt man diesen Werth von φ in der Gleichung (e) ein, so wird

$$\zeta = \frac{2m(P+2)-2P}{m(m+1)+P(m-1)} \; . \; . \quad (g)$$

Die Gleichung (III) aber giebt, wenn man in ihr die Werthe von P′, φ und ζ substituirt,

$$\frac{p''}{a''} = -\frac{2(m-1)(m-P)}{m(m+1)+P(m-1)} \; . \; . \quad (h)$$

und diese, mit der Gleichung (c) multiplicirt, giebt

$$p'' = \frac{2(m-1)(P+1)\alpha}{m(m+1)+P(m-1)} \; . \; . \quad (l)$$

Allein in Folge der Gleichung

$$\frac{1}{p''} = \frac{1}{a''} + \frac{1}{\alpha''}$$

hat man auch

$$\frac{p''}{\alpha''} = 1 - \frac{p''}{a''} = \frac{m(3m-1)-P(m-1)}{m(m+1)+P(m-1)} \; . \; . \quad (m)$$

und die Division der Gleichung (l) durch (m) giebt

$$\alpha'' = a''' = p''' = \frac{2(m-1)(P+1)\alpha}{m(3m-1)-P(m-1)} \; . \; . \quad (n)$$

Endlich hat man noch für die Distanz des Auges von der letzten Linse (F. XI.)

$$\frac{p'''\omega'''}{m\varphi} = \frac{m(m+1)+P(m-1)}{2m^2}$$

oder annähernd

$$\frac{p''' \omega'''}{m \varphi} = \tfrac{1}{2}\left(1 + \frac{1+P}{m}\right) p''' \,.\,. \quad (o)$$

Demnach ist nur noch die angemessenste Bestimmung der Gröſsen ω''' und P übrig. Die Gröſse ω''' ist aber das Verhältniſs der halben Oeffnung der letzten Linse zu ihrer Brennweite. Nach dem oben Gesagten wird man ω''' nahe gleich $\frac{1}{4}$ nehmen, und dann wird die Oeffnung des ersten Oculars gleich $\frac{1}{2}p''$ seyn. Da dieses Ocular in der Oeffnung des groſsen Spiegels stehn soll, so darf also p'' nicht gröſser seyn, als der doppelte Durchmesser dieser Oeffnung. Wird ω''' noch kleiner als $\frac{1}{4}$, so wird in demselben Verhältnisse auch das Gesichtsfeld vermindert werden. Um aber auch die Gröſse P zu bestimmen, so wird man zuerst bemerken, daſs die Oeffnung des kleinen Spiegels nahe gleich seyn muſs der in der Mitte des groſsen Spiegels angebrachten Oeffnung. Damit aber das Auge einen namhaften Theil des Lichtcylinders erhalten kann, die am Rande des Gesichtsfeldes liegen, so muſs die Distanz vom Mittelpuncte des kleinen Spiegels, nach welchem die äuſsersten Hauptstrahlen gerichtet sind, beträchtlich kleiner seyn, als die halbe Oeffnung desselben. Diese ist aber durch $p'\omega'$, das heiſst, durch $\zeta p' \omega'''$ gegeben, und sie ist, wenn der kleine Spiegel mit der Oeffnung im groſsen Spiegel von gleicher Gröſse angenommen wird, gleich

$$p''\omega'' = p''\omega'''.$$

Es muſs daher $\zeta p' < p''$ seyn. Allein die vorhergehende Gleichung (g) giebt

$$\zeta p' = \frac{2m(P+1)\alpha}{m(m+1)P + (m-1)P^2},$$

oder mit einer hier hinlänglichen Annäherung

$$\zeta p' = \frac{p''}{P},$$

woraus daher folgt, daſs

$$\frac{p''}{P} < p''$$

seyn, oder daſs überhaupt P eine Zahl seyn muſs, die gröſser als die Einheit ist. Nehmen wir also den kleinen Spiegel gleich groſs mit der Oeffnung in dem groſsen Spiegel und nehmen wir, wie dieses in den meisten besseren Gregorianischen Teleskopen der Fall ist, überdieſs den Halbmesser die-

Digitized by Google

ses kleinen Spiegels gleich dem fünften Theile des Halbmessers (d. h. der halben Oeffnung) des grofsen Spiegels an, so dafs also die halbe Oeffnung des kleinen Spiegels gleich $\frac{1}{5}x$ ist. Damit alle der Axe parallele Strahlen von dem kleinen Spiegel aufgenommen werden können, mufs man für die halbe Oeffnung des kleinen Spiegels haben

$$x' = \frac{a'x}{\alpha} = \frac{1}{5}x,$$

und damit überdiefs ein namhafter Theil des gegen die Axe geneigten Strahlencylinders von dem Spiegel aufgefangen werde, wird man

$$\frac{x}{5} > \frac{a'x}{\alpha}$$

annehmen, woraus dann folgt

$$\frac{\alpha}{a'} > 5.$$

Wir werden daher, damit das Gesichtsfeld nicht zu sehr beschränkt werde, P gleich 6 oder 7 annehmen können. Was endlich das Verhältnifs von m und $\alpha = p$, d. h. das Verhältnifs der Vergröfserung des Teleskops zur Brennweite des grofsen Spiegels betrifft, so wird dasselbe von der Oeffnung abhängen, die man diesem grofsen Spiegel geben will; diese Oeffnung aber hängt wieder ab von der *Gestalt* dieses Spiegels. Für parabolische Spiegel z. B. wird man diese Oeffnung ohne Zweifel viel gröfser annehmen können, als für sphärische, weil bei den letzten die Abweichung wegen der Gestalt zu grofs ist, wenn die Oeffnung bedeutend genommen wird.

Um das Vorhergehende auf ein Beispiel anzuwenden, durch welches zugleich der Gebrauch jener Formeln am deutlichsten wird, so sey von dem grofsen Spiegel

die Brennweite $\alpha = p = 9$ Zoll,
die halbe Oeffnung $x = 1{,}15$ Zoll

und der Halbmesser der Oeffnung in diesem Spiegel gleich $\frac{1}{4}$ Zoll. Man suche die Dimensionen des kleinen Spiegels und der beiden Ocularlinsen, um eine Vergröfserung von 56 zu erzeugen, wobei man zugleich die Gröfse des Gesichtsfeldes und die Helligkeit des Teleskops bestimmen soll. Nehmen wir $P = 6$ an, so geben die vorhergehenden Ausdrücke nach der Ordnung folgende numerische Werthe:

$p' = 1{,}419$ Zoll $\quad a' = 1{,}600$ Zoll

$p'' = 2{,}099$ - $\quad \alpha' = 12{,}544$ -

$p''' = 0{,}819 = a''' = \alpha'' \quad a'' = -1{,}344$ -

Die Distanz des Auges von der letzten Linse ist $= 0{,}459$ Zoll, die Distanz der beiden Spiegel aber $= \alpha + a' = \alpha' + a'' = 11{,}200$ Zoll, und die der beiden Linsen endlich $= \alpha'' + a''' = 1{,}639$ Zoll, wo die erste Linse genau in der Oeffnung des grofsen Spiegels angebracht wird. Um das entsprechende Gesichtsfeld dieses Teleskops zu bestimmen, wird man die Gröfse ω''' suchen. Da nun der Halbmesser der Oeffnung in dem grofsen Spiegel oder, was dasselbe ist, da die halbe Oeffnung der ersten Linse gleich $\frac{1}{4}$ Zoll ist, so wird $p''\omega''' = \frac{1}{4}$, also auch

$$\omega''' = \frac{1}{4p''} = \frac{1}{8{,}396} = 0{,}119$$

seyn, und mit diesem Werthe von ω''' giebt die vorhergehende Gleichung (f)

$$\varphi = 0{,}003787$$

oder, wenn man diese Zahl durch 3438 multiplicirt,

$$\varphi = 13{,}06 \text{ Minuten},$$

so dafs also das ganze Gesichtsfeld nahe 26 Minuten umfassen wird.

Für die Helligkeit endlich hat man (vergl. F. VII.)

$$y = \frac{x}{m} = \frac{1{,}15}{56} = 0{,}02 = \frac{1}{50}$$ [1].

Noch ist übrig, die Abweichung wegen der Gestalt bei einem Gregorianischen Spiegelteleskop zu bestimmen. Nach dem oben Gesagten hat man

---

1 Hätte man $P = 5$ angenommen, so würde man bei den vorigen Werthen von p und m erhalten haben:

$p' = 1{,}66$ Zoll $\quad a' = 1{,}92$ Zoll

$p'' = 1{,}83$ — $\quad \alpha' = 12{,}6$ —

$p''' = 0{,}70$ — $\quad a'' = -1{,}13$ —

$\alpha'' = 0{,}70$ —

$a''' = 0{,}70$ —

und damit wird die Distanz des Auges von der letzten Linse $= 0{,}4$, die der beiden Spiegel $= 11{,}52$ und endlich die der beiden Ocularlinsen $= 1{,}4$ Zoll. Ferner hat man

$$\omega''' = \frac{1}{4p''} = 0{,}137 \text{ und daher } \varphi = 15{,}2 \text{ Min.},$$

also das Gesichtsfeld um nahe 2 Min. im Halbmesser gröfser, als zuvor.

Digitized by Google

$$R = \frac{m x^3}{32 p^3}\left[1 + \frac{a'^2 (\alpha - a')^2}{\alpha'^2 p p'}\right].$$

In dem vorhergehenden Beispiele war aber

$$m = 56, \quad \frac{x}{p} = 0{,}12, \quad p = 9{,}6,$$
$$p' = 1{,}419, \quad a' = 1{,}6 \text{ und } \alpha' = 12{,}544.$$

Substituirt man diese Werthe in der vorhergehenden Gleichung, so erhält man

$$R = 0{,}003438,$$

das heiſst

$$R = 11{,}82 \text{ Minuten.}$$

Diese Abweichung ist aber zu groſs, als daſs von einem Teleskope dieser Art eine bedeutende Wirkung zu erwarten wäre, wenn nicht etwa der groſse Spiegel parabolisch geschliffen wird. In der That ist dieses Beispiel nach einem von Short in England verfertigten Teleskope genommen worden, das für eines seiner besten galt und in welchem der groſse Spiegel parabolisch gewesen seyn soll.

M. Cassegrain's Teleskop.

Dieses Teleskop unterscheidet sich von dem Gregorianischen nur dadurch, daſs der kleine Spiegel, der im Gregorianischen gleich dem groſsen concav ist, *convex* genommen wird, daſs es also auch die Gegenstände verkehrt darstellt, wenn anders dieser Umstand durch mehrere Oculare nicht
Fig. 27. wieder verändert wird. Bei diesem ist PP der groſse, in seiner Mitte ebenfalls durchbohrte concave Spiegel, der seinen Brennpunct in F hat; QQ' ist der kleine convexe Spiegel, der die von dem groſsen Spiegel nach F reflectirten Strahlen durch die Oeffnung RR' nach G wirft, so daſs statt des Bildes in F, dessen Entstehung durch den kleinen Spiegel gehindert wird, das erste Bild in G entsteht. Die Linse p in der Oeffnung RR' des groſsen Spiegels macht endlich die erwähnten, von dem kleinen Spiegel nach G geführten Strahlen mehr convergent, so daſs dadurch jenes Bild Gg näher an den groſsen Spiegel, nach Hh gebracht wird, und dieses Bild Hh wird dann durch die zweite Ocularlinse SS' von dem Auge in O betrachtet. Aus dieser Erklärung folgt sofort 1) daſs

das Auge den Gegenstand in verkehrter Richtung sieht; 2) dafs für dieses Teleskop in den obigen Formeln die Gröfsen p' und a' negativ sind und dafs, da der kleine Spiegel die auf ihn fallenden Strahlen nach dem Punct G' bringen soll, die Gröfse a' gröfser als p' seyn mufs; 3) dafs $\alpha' = qG$ positiv, $a'' = pG$ negativ und $\alpha'' = pH$ negativ ist; 4) dafs zum Klarsehn $Hs = a''' = p'''$ seyn mufs; 5) dafs ω' negativ ist, weil p' negativ und $p'\omega'$ immer positiv ist; 6) endlich dafs ω'' negativ und ω''' positiv ist, weil der gegen g und h gerichtete Hauptstrahl die Linsen RR' und SS' über der Axe trifft. Dieses vorausgesetzt werden daher unsere allgemeinen Gleichungen, wenn wir sie auf positive Gröfsen zurückführen, folgende seyn:

$$\omega' = -\zeta\omega''', \quad \omega'' = -\omega''',$$

$$\frac{\alpha}{a'} = -P, \frac{\alpha'}{a''} = -P', \frac{\alpha''}{a'''} = P'',$$

so dafs man daher folgende Ausdrücke erhält:

$$\text{(I)}.. \; m = PP'P''; \qquad \text{(II)}.. \; \frac{\zeta\omega''' p'}{a'} = (P-1).\varphi;$$

$$\text{(III)}.. -\frac{\omega''' p''}{a''} = (PP'-1)\varphi - \zeta\omega'''; \; \text{(IV)}.. \varphi = \frac{(2-\zeta)\omega'''}{m+1};$$

$$\text{(V)}.. \; a'(P-1) = a''(P'-1); \quad \text{(VI)}.. \; 1 - \frac{1}{P''} = 0.$$

Verfahren wir mit diesen Gleichungen wie oben beim Gregorianischen Teleskop, so erhalten wir, wie oben, die Gleichungen (a) bis (e):

$$a' = -\frac{\alpha}{P}; \quad \alpha' = \frac{\alpha(P-1)m}{P(m-P)};$$

$$p' = -\frac{m(P-1)\alpha}{mP(P-2)+P^2}; \; a'' = -\frac{\alpha(P-1)}{m-P};$$

$$\alpha'' = a''' = p''' = \frac{2(m+1)(P-1)\alpha}{m(3m+1)-P(m+1)}; p'' = \frac{2(m+1)(P-1)\alpha}{m(m-1)+P(m+1)};$$

$$\zeta = \frac{2m(P-2)+2P}{m(m-1)+P(m+1)}; \varphi = \frac{2m\omega'''}{m(m-1)+P(m+1)},$$

Digitized by Google

und endlich für die Distanz des Auges von der letzten Linse den Ausdruck

$$\frac{\omega''' p'''}{m \varphi} \text{ oder nahe } \tfrac{1}{2} p''' \left(1 + \frac{P-1}{m}\right).$$

Da die Lichtstrahlen, die von dem kleinen Spiegel QQ' aufgenommen werden, gegen den Punct F convergiren, so ist es hinreichend, diesen Spiegel nicht gröfser, als die Oeffnung RR' des grofsen Spiegels zu machen. Ist also die Oeffnung des letzten gleich $\frac{1}{2}$. PP', so wird auch die halbe Oeffnung des kleinen Spiegels gleich $\frac{1}{2}$x seyn, so dafs man also, wie im Gregorianischen Teleskope, die Gröfse P gleich 5 oder 6 nehmen kann. Die Brennweite p und die Oeffnung x des grofsen Spiegels, die einer bestimmten Vergröfserung m entsprechen soll, wird von der Vorzüglichkeit abhängen, mit welcher der Künstler diesen Spiegel ausgearbeitet hat. Um jede schädliche Abweichung wegen der Gestalt zu vermeiden, wird die parabolische Gestalt, wenn sie sonst mit der nöthigen Schärfe ausgeführt werden kann, vorzuziehen seyn. Legt man dabei, wie oben bei dem Newtonianischen Teleskope geschehn ist, irgend ein schon vollendetes vorzügliches Instrument dieser Art zu Grunde, so wird man, um bei einem neuen dieselbe Helligkeit und dieselbe Abweichung wegen der sphärischen Gestalt zu erhalten, nach dem oben Gesagten die dritten Potenzen der Brennweite den vierten Potenzen der Oeffnungen proportional setzen. Bezeichnet daher p' und x' die Brennweite und halbe Oeffnung des bereits vollendeten Instruments in Beziehung auf den grofsen Spiegel desselben, und nennt man p und x dieselben Gröfsen für den neuen Spiegel, so hat man

$$p^3 : p'^3 = x^4 : x'^4,$$

so dafs daher

$$p = \frac{x}{x'} \cdot p' \sqrt[3]{\frac{x}{x'}}$$

seyn wird. Um auch dieses durch ein numerisches Beispiel zu erläutern, legen wir mit Klügel[1] ein als gut anerkanntes Teleskop von Short zu Grunde, für welches p' = 9,6 und x' = 1,15 Zoll war. Um darnach ein Cassegrain'sches Teleskop mit der Vergröfserung m = 50 zu construiren, hat man wegen der Helligkeit

1 Analytische Dioptrik.

$$y = \frac{1}{50} \text{ Zoll, also auch } x = \frac{m}{50} = 1 \text{ Zoll,}$$

woraus man nach der letzten Gleichung für p findet

$$p = \alpha = \frac{9,6}{1,15} \sqrt[3]{\frac{1}{1,15}} = 7,97 \text{ Zoll.}$$

Setzt man der größsern Einfachheit der Rechnung wegen $p = 8$ und $x = 1$ und den Halbmesser der Oeffnung im grofsen Spiegel gleich $\frac{x}{5} = 0,2$ Zoll, und überdiefs $m = 50$ und $P = 5$, so erhält man

$$a' = -1,600 \text{ Zoll;} \qquad \alpha' = 7,111 \text{ Zoll}$$
$$a'' = -0,711 \text{ —} \qquad \alpha'' = a''' = 0,447 \text{ —}$$
$$p' = -2,064 \text{ —} \qquad p'' = 1,207 \text{ —}$$
$$p''' = a''' = 0,447 \text{ —}$$

und daraus folgt sofort:

Distanz der beiden Spiegel $= \alpha + a' = 6,400$ Zoll

. . . der beiden Linsen $= \alpha'' + a''' = 0,895$ —

. . . des Auges von der letzten Linse $= 0,242$ —

wo wieder die erste Linse in der Oeffnung RR' des grofsen Spiegels angenommen wurde. Um bei diesem Fernrohre auch noch das Gesichtsfeld zu bestimmen, mufs man zuerst den Werth von ω''' kennen. Für die erste Linse hat man die halbe Oeffnung gleich $p''\omega'''$, also auch, wenn man diese Linse so grofs, wie die Oeffnung RR' macht, $p''\omega''' = 0,2$ Zoll, und daher

$$\omega''' = \frac{0,2}{1,207} = \frac{1}{6,033}.$$

Dieses giebt

$$\varphi = \frac{\omega}{27,05} = \frac{1}{163,2}$$

oder in Minuten des Bogens ausgedrückt

$$\varphi = 21,07 \text{ Min.}$$

Es läfst sich über diese Teleskope noch Folgendes bemerken. Will man bei ihnen die Abweichung wegen der Gestalt gänzlich beseitigen, so mufs der grofse Spiegel parabolisch, der kleine aber hyperbolisch seyn, während beim Gregorianischen Teleskope für den parabolischen grofsen Spiegel der kleine elliptisch seyn soll. Doch kann man für beide Instrumente den kleinen Spiegel immerhin sphärisch nehmen, da

Digitized by Google

der zu befürchtende Fehler des Instruments wegen der Gestalt doch bei weitem am meisten vom grofsen Spiegel abhängt, während der kleine Spiegel und die Oculare nur einen sehr geringen Einflufs darauf äufsern. Auch ist bei dem Cassegrain'schen Teleskope zu bemerken, dafs wegen des *negativen* Werthes von p', indem der kleine Spiegel *convex* ist, die Glieder der sphärischen Abweichung in dem obigen Ausdrucke von R, die von dem kleinen Spiegel und den beiden Ocularen abhängen, sich zum Theil gegenseitig aufheben, so dafs also, wenn der Einflufs des grofsen Spiegels derselbe bleibt, die sphärische Abweichung bei dem Cassegrain'schen Teleskope immer kleiner seyn wird, als bei dem Gregorianischen. Eine geschickte Auswahl der Krümmung beider Ocularlinsen wird diese sphärische Abweichung, sslbst die vom grofsen Spiegel kommende, noch weiter vermindern können, was aber der Geschicklichkeit des praktischen Künstlers überlassen bleibt, da es sich theoretisch nicht gut ohne Umständlichkeit durchführen läfst[1].

Man hat den Gregorianischen und Cassegrain'schen Teleskopen den Vorwurf gemacht, dafs der in seiner Mitte durchbohrte Spiegel die vorzüglichsten Lichtstrahlen unwirksam und dadurch die Klarheit der Bilder schwächer mache, was beim Newton'schen Instrumente nicht der Fall ist. Der Vorwurf ist allerdings gerecht, aber er wird wieder dadurch gleichsam ersetzt, dafs man jene beiden Teleskope leichter auf die zu untersuchenden Gegenstände richten oder pointiren kann, was beim Newton'schen nicht der Fall ist. Uebrigens wird man bei den grofsen Teleskopen, wo es auf eine sehr starke Vergröfserung und auf die gröfstmögliche Helligkeit ankommt, keine der drei bisher erwähnten Constructionen vorziehn, sondern sich an diejenige halten, die der ältere Herschel bei seinen grofsen Teleskopen ausgeführt hat.

N. Herschel's Teleskop.

Der schon öfter erwähnte englische Optiker Short hatte eine Reihe so trefflicher Gregorianischer Teleskope geliefert,

1 Mehreres über diesen Gegenstand findet man in Euler's Dioptrica und in Klügel's analytischer Dioptrik.

dafs diese Construction lange Zeit nach ihm für die beste, ja für die einzig wahre gehalten wurde. Dadurch hatte man die von NEWTON ersonnene einfache und sinnreiche Einrichtung der Teleskope beinahe ganz vergessen. Aber HERSCHEL liefs sich von dieser, obgleich allgemein verbreiteten Ansicht nicht verführen und kehrte wieder zu NEWTON's Einrichtung zurück, die er aber für Teleskope von grofsen Dimensionen wesentlich verbesserte. Seine Arbeiten in diesem Fache bilden wohl den glänzendsten Theil der Geschichte unserer Katoptrik. Mit dem ihn auszeichnenden Eifer verfertigte er selbst mehrere Hunderte von Teleskopen nach NEWTON's Construction und im Jahre 1785 begann er, von seinem Monarchen GEORG III. unterstützt, das gröfste Instrument dieser Art, das vierzig englische Fufs Länge und dessen Spiegel 49 Zoll im Durchmesser als seine doppelte Oeffnung hatte. Mittelst kleiner convexer Linsen konnte er die Vergröfserung desselben bis auf 6400 treiben, ohne sein Instrument zu überladen, während bei den gröfsten dioptrischen Fernröhren (die FRAUNHOFER für Dorpat und Berlin geliefert hat) der Durchmesser des Objectivs nur 9 Par. Zoll, und die stärkste Vergröfserung nicht über 600, also mehr als zehnmal kleiner, als bei HERSCHEL's Teleskope, ist.

Bei diesem gröfsten aller Spiegelteleskope brauchte HERSCHEL blofs den erwähnten grofsen Spiegel ohne den kleinen. Dieser grofse Spiegel wurde in PAP', aber etwas schief gegen die Axe AF des Rohrs PP'pp', aufgestellt, so dafs das Bild F, welches dieser Spiegel von sehr entfernten Gegenständen entwirft, gegen die andere Oeffnung pp' der Röhre, etwa in die Nähe von B hinfällt, wo dann das Auge des Beobachters dieses Bild nur durch eine stark vergröfsernde einfache oder doppelte Glaslinse sehn kann. Diese schiefe Stellung des Bildes aufser der Axe hat den Zweck, dafs der Kopf des Beobachters keinen zu grofsen Theil der von dem Gegenstande auf den grofsen Spiegel PP' fallenden Strahlen bedecken oder aufhalten sollte. Fig. 24.

So viel man übrigens sich auch von diesem Riesenreflector versprechen durfte, so lieferte er doch lange nicht alle die Früchte, die man von ihm erwartete. Der grofse Spiegel verlor, indem er sich in der kühlen Nachtluft mit Dünsten überzog und oxydirte, sehr bald seine hohe Politur und mufste,

Digitized by Google

da man so grofse Summen nicht mehr als einmal auf ihn verwenden wollte, zur Seite gestellt werden. Die eigentlichen Entdeckungen am Himmel, die W. HERSCHEL für alle Zeit unsterblich machen, wurden mit einem von ihm selbst verfertigten Newtonianischen Teleskop gemacht, das 20 Fufs Brennweite und 18 Zoll im Durchmesser seines grofsen Spiegels hielt, dasselbe, womit auch später sein Sohn, JOHN HERSCHEL, viele seiner interessantesten Beobachtungen gemacht hat

O. Ramage's Teleskop.

Seit dem älteren HERSCHEL in London und SCHRÖTER in Lilienthal hat man sich besonders mit der Verfertigung und Verbesserung der dioptrischen Fernröhre beschäftigt, wozu in Deutschland vorzüglich FRAUNHOFER in München durch seine grofsen Refractoren Veranlassung gab. Seitdem hat, erst in unsern Tagen, RAMAGE in Aberdeen wieder die Spiegelteleskope mit erneuertem Eifer vorgenommen. Er verfertigte mehrere grofse und stark vergröfsernde Instrumente dieser Art, alle nach NEWTON's Construction mit Weglassung des kleinern Spiegels. Das gröfste dieser Spiegelteleskope in England und wohl in der ganzen Welt, da HERSCHEL's 40füfsiger Reflector, wie gesagt, aufser Gebrauch ist, wurde im Jahre 1820 in dem Kön. Observatorium zu Greenwich aufgestellt. Der grofse Spiegel hat 25 engl. Fufs Brennweite und 15 Zoll im Durchmesser. Das ihn einschliefsende Rohr ist ein 12seitiges Prisma von Holz, und der dazu angebrachte Apparat, zur Aufstellung und zum Gebrauche desselben, ist ebenso einfach als sinnreich und wird als ein Meisterstück der neuern Mechanik betrachtet.

P. Prismen-Teleskop.

Im Jahre 1812 zeigte zuerst BREWSTER[1], dafs man durch die Combination zweier Prismen von derselben Materie eine ganz farbenlose Refraction erzeugen kann. Wenn man ein dreiseitiges Prisma so hält, dafs die brechende Fläche desselben horizontal liegt, und wenn man dann durch dasselbe z. B.

1 Treatise on new philosophical Instruments. Lond. 1813.

eine Fensterscheibe betrachtet, so wird man, indem man das Prisma um seine verticale Axe dreht, eine Stellung desselben finden, für welche die Scheibe in ihrer natürlichen Gröfse erscheint. Diese Stellung wird diejenige seyn, für welche die Lichtstrahlen unter demselben Winkel aus dem Prisma heraustreten, unter welchem sie in dasselbe gefahren sind. Dreht man dann weiter die brechende Fläche gegen das Fenster hin, so wird sich die Scheibe in ihrer verticalen Richtung auszudehnen oder länger zu werden scheinen. Wenn man aber von demselben Prisma die brechende Fläche in einer verticalen Stellung hält und wie zuvor dreht, so wird sich die Scheibe in horizontaler Richtung auszudehnen oder sie wird breiter zu werden scheinen. Verbindet man demnach zwei Prismen in den beiden erwähnten Lagen, so wird dadurch die Fensterscheibe und überhaupt jeder andere durch diese beiden Prismen betrachtete Gegenstand sowohl in Länge als auch in Breite ausgedehnt, er wird nach allen seinen Richtungen *vergröfsert* erscheinen und wir werden gleichsam ein aus zwei Prismen zusammengesetztes Teleskop haben. Allein die Bilder eines solchen Teleskops sind zugleich mit allen prismatischen Farben im Ueberflusse versehn und das Instrument wird in diesem Zustande unbrauchbar seyn. Diesem Uebel zu begegnen giebt es aber drei Mittel. I. Man kann die Prismen von einer solchen Glasart nehmen, die alle gefärbten Strahlen bis auf einen einzigen in sich aufnimmt, so dafs man also blofs ein homogenes, einfarbiges Licht erhält, oder, was dasselbe ist, man kann zu den Prismen das gewöhnliche Glas nehmen, aber dafür eine Scheibe von jenem Glase vorstellen, welches alle anders gefärbte Strahlen absorbirt. II. Man kann, statt der gewöhnlichen Prismen, achromatische nehmen, und endlich III. man kann noch zwei andere, den beiden ersten ganz gleiche Prismen, aber in umgekehrten Lagen, neben jenes erste Paar stellen, und diese letzte Art möchte die beste in der Ausführung seyn.

Aus der Zeichnung erkennt man leicht die Construction dieses Prismen-Teleskops. A B und A C sind zwei Prismen von derselben Glasart, denselben brechenden Winkeln und mit senkrecht stehenden Brechungsflächen; E D und E F sind zwei andere, den ersten völlig ähnliche Prismen, auf dieselbe Weise gestellt, nur dafs ihre Brechungsflächen horizontal sind. Von Fig. 28.

Digitized by Google

dem Objecte M tritt ein Lichtstrahl Ma in das erste Prisma EF bei a und verläfst das zweite Prisma ED bei b, tritt in das dritte Prisma AC bei c und verläfst das vierte Prisma AB bei d, um von da in das Auge O zu kommen. Der durch diese vier Prismen betrachtete Gegenstand M wird von den beiden Prismen EF und ED in horizontaler und von den beiden Prismen AB und AC in verticaler Richtung vergröfsert.

Die ersten dieser Instrumente liefs David Brewster, ihr Erfinder, in Schottland ausführen, und sie wurden daselbst unter dem Namen *Teinoscope* verfertigt. Auch Blair in England verfertigte mehrere derselben. Später wurden sie von Amici in Modena, der vielleicht selbst auf diese Idee kam, in grofser Vollkommenheit verfertigt. Die brechenden Winkel der vier Prismen sind nahe gleich 15 Graden. Uebrigens ist bei der Construction dieses Instruments die vollkommene Gleichheit der vier Prismen nicht absolut nothwendig. Es genügt, wenn nur die beiden AB und DE unter sich und wenn auch AC und EF unter sich gleich sind, weil man den noch übrig bleibenden Rest der Farben des einen Prisma's durch eine kleine Veränderung in der Lage des andern Prisma's leicht wegschaffen kann. Aus demselben Grunde ist es auch nicht nothwendig, dafs alle vier Prismen von derselben Glasart genommen werden.

Q. Blair's und Barlow's aplanatische Teleskope.

Die zuerst von dem grofsen Leonh. Euler angeregte Idee der mit Flüssigkeiten angefüllten Objective, die Gelegenheit zur Entdeckung der achromatischen Fernröhre gegeben hat, nahm in den neuern Zeiten Robert Blair wieder in dem von Euler aufgestellten Sinne vor[1]. Statt des von Euler vorgeschlagenen reinen Wassers nahm er Auflösungen von Salzen, durch welche die Farbenzerstreuung des Wassers beträchtlich vermehrt wird, so wie Oele, von welchen mehrere, wie das Steinöl oder das aus Steinkohlen und Bernstein gewonnene Oel, sich zu diesem Zwecke sehr angemessen ge-

1 Transactions of the Roy. Soc. of Edinburgh. T. II.

zeigt haben sollen. Blair nannte diese Objective *aplanatische*, weil durch sie, nach seiner Behauptung, in der That *alle* Farben aufgehoben werden sollen, während man bei den gewöhnlichen achromatischen Fernröhren mit zwei oder drei Glaslinsen nur die zwei äufsersten Farben zu vereinigen sucht. Blair verfertigte im J. 1789 ein solches Fernrohr von 12 Zoll Brennweite und 2 Zoll Oeffnung, das 140mal vergröfserte und nach Robinson's Zeugnifs[1] ein gewöhnliches achromatisches Fernrohr von Dollond von 42 Zoll Brennweite übertroffen haben soll. Diese aplanatischen Fernröhre wurden erst in den letzten Jahren von Barlow weiter vervollkommnet, indem er die zweite biconcave Linse mit Schwefelalkohol (*Sulphuretum carbonicum*, *Sulphuret of carbon*) füllte und sie überdiefs in einer beträchtlichen Distanz von der ersten Linse stellte, während Blair beide Linsen, wie dieses bei den gewöhnlichen achromatischen Fernröhren geschieht, nahe in unmittelbare Berührung gebracht hatte. Diese Fernröhre von Barlow sollen sich durch verhältnifsmäfsig sehr kurze Brennweite und durch ihre grofse Oeffnung auszeichnen. Barlow verfertigte ein solches aplanatisches Fernrohr von 6 Zoll Oeffnung und 7 Fufs Länge, dessen Wirkung von Brewster und Baily ungemein gepriesen wurde. Man hat diesen, mit Flüssigkeiten gefüllten Objectiven den Vorwurf gemacht, dafs diese Flüssigkeiten bald verdunsten oder durch Ansetzung von Krystallen u. s. w. degeneriren. Allein Baily sah ein von Blair schon vor 30 Jahren verfertigtes Objectiv dieser Art, das noch in ganz vollkommenem Zustande war. Auch soll nach Barlow diese Flüssigkeit, wenn es erfordert wird, bald und leicht wieder durch eine neue ersetzt werden können. Gröfsern Nachtheil hat man vielleicht, wie Fraunhofer sagte, von den Aenderungen dieser Flüssigkeiten zu befürchten, die durch die Temperatur erzeugt werden, da sie z. B. bei Sonnenbeobachtungen, wo sie den Strahlen dieses Gestirns ausgesetzt werden müssen, in Wallungen gerathen, die den Beobachtungen sehr schädlich entgegenwirken. Dafs der Schwefelalkohol unter allen bisher bekannten Körpern die gröfste Farbenzerstreuungskraft hat, bemerkte zuerst Brewster im Jahre 1813. Diese Kraft ist bei dieser Flüssigkeit gleich 0,077, während sie

---

1 Edinburgh Journ. of Science. No. VIII.

beim Glase nur 0,027 und selbst beim Diamant nur 0,056 ist. Nur Cassiaöl hat 0,089, also eine noch gröfsere Kraft; aber dieses Oel ist aus andern Gründen zu Fernröhren nicht so anwendbar, wie jener Alkohol. Die ungemeine Flüchtigkeit dieses Alkohols ist allerdings ein Hindernifs seiner Anwendung zu optischen Instrumenten, aber da wir Mittel haben, diese zu bekämpfen, so ist wohl kein Zweifel, dafs der Schwefelalkohol eine der wichtigsten Flüssigkeiten für die Construction optischer Instrumente ist, die vielleicht erst die Nachwelt nach ihrem vollen Werthe erkennen wird[1].

Eines der vorzüglichsten dieser aplanatischen Fernröhre Barlow's hat eine einfache Objectivlinse von Glas, die 7,8 Zoll Oeffnung und 78 Zoll Brennweite besitzt. In der Entfernung von 40 Zoll von dieser convexen Glaslinse stellte er eine concave mit Schwefelalkohol gefüllte Linse auf, deren Brennweite 59,8 Zoll hatte, so dafs die auf die Glaslinse parallel auffallenden Strahlen, die nach der Brechung durch diese Linse gegen ihren Brennpunct convergiren, vor ihrer Vereinigung in diesem Brennpuncte von der concaven Alkohollinse aufgefangen werden und dadurch ihren Vereinigungspunct in der Entfernung von 104 Zoll von der Alkohollinse oder von 144 Zoll (12 engl. Fufs) von der Glaslinse erhalten. Der Alkohol ist zwischen zwei Menisken enthalten, die mit einem eingeriebenen Glasringe sorgfältig geschlossen sind, so dafs der Krümmungshalbmesser der einen hohlen, gegen das Auge gekehrten Fläche der Alkohollinse 144 und der der andern gegen die Glaslinse gerichteten Fläche 56,4 ist. Die Röhre, in welcher beide Linsen sich eingeschlossen befinden, hat 11 Fufs Länge und die kleinere Röhre für die Oculare hat einen Fufs. Dieses Fernrohr vertrug eine Vergröfserung von 700 und zeigte die feinsten Doppelsterne des Verzeichnisses von South und Herschel noch sehr deutlich. Mit der Vergröfserung von 120 erschien Venus schön weifs und scharf begrenzt, aber mit 360 zeigte sie schon einiges Farbenspiel. Saturn mit 120maliger Vergröfserung gab einen sehr schönen Anblick, die Duplicität des Rings war schon deutlich erkennbar, aber mit 360maliger zeigte er sich noch viel deutlicher.

1 Brewster in Edinburgh Phil. Trans. T. VIII. p. 285.

Digitized by Google

R. Achromatische Sonnenteleskope mit einfachen Linsen.

Schon D'ALEMBERT hat gezeigt, daſs man ein *achromatisches* Teleskop mit einer einfachen Objectivlinse und mit einer Ocularlinse construiren kann, wenn man nur die Glasarten, von welchen man diese zwei Linsen nimmt, von verschiedner Brechbarkeit und Farbenzerstreuung auswählt. Zu diesem Zwecke hat er das Ocular concav und von einer viel gröſsern Dispersivkraft, als das Objectiv, zu nehmen vorgeschlagen. Allein die treffliche Idee blieb unausgeführt, weil man damals die Körper in Beziehung auf ihre Dispersivkraft noch nicht hinlänglich kannte. Ja selbst in unsern Tagen hat man diesen Vorschlag nur noch für Theaterperspective angewandt; es könnte aber eine Zeit kommen, wo man auf diese Vereinfachung der dioptrischen Fernröhre wieder mit gröſserem Nutzen zurückkommen wird, als man durch HERSCHEL auf die Correction des Newtonianischen Teleskops gekommen ist. Dieser lieſs den kleinen Spiegel weg, unsere Nachfolger werden vielleicht die zweite Objectivlinse weglassen und doch, bloſs durch die Verschiedenheit der Glasart, vollkommen achromatische Fernröhre mit bloſs zwei Linsen erbauen, die nicht mehr so viel Licht absorbiren, als unsere gegenwärtigen sehr dicken Doppellinsen und unsere vielfachen Oculare. BREWSTER schlägt zu diesem Zwecke einstweilen, allerdings nur wieder für Theaterperspective, folgende Construction vor, wobei die Objectivlinse von einer wenig und die Ocularlinse von einer sehr stark farbenzerstreuenden Glasart genommen und zugleich vorzüglich die rothen Strahlen, als die schädlichsten, beseitigt werden sollen.

Objectivlinse von	Ocularlinse von	Vergröſserung.
Kronglas . . .	Flintglas	$1\frac{1}{4}$
Wasser	Cassiaöl	2
Bergkrystall . .	Flintglas	2
Bergkrystall . .	Anisöl	3
Kronglas . . .	Cassiaöl	3
Bergkrystall . .	Cassiaöl	6

Wenn man aber ein Teleskop bloſs für sehr stark beleuchtete Gegenstände, z. B. bloſs für die *Sonne* brauchen will,

Digitized by Google

so läfst sich noch eine andere sehr wesentliche Vereinfachung anbringen. Man kann nämlich die einfache Objectivlinse blofs aus irgend einer willkürlichen Glasart machen, aber dafür das Ocular oder eine der Ocularlinsen aus einer solchen Glasart nehmen, die nur homogenes Licht von einer bestimmten Farbe durchläfst. Selbst ein Planglas der letzten Art, vor das Instrument gestellt, wird schon zu demselben Zweck führen können. Am vortheilhaftesten wird man durch dieses Mittel alle Farben, bis auf die rothe, absorbiren lassen, wozu man bekanntlich mehr als ein Mittel hat. Das Objectiv wird, da es einfach ist, noch der sphärischen Abweichung unterworfen seyn; aber wenn man die Krümmungsradien dieses Objectivs gehörig gewählt hat, so wird man, da es sich bei einem solchen Instrumente nur um Beobachtungen der so stark leuchtenden Sonne handelt, schon mit einer kleinen Oeffnung des Objectivs sich begnügen können, ohne der Helligkeit des Bildes dadurch Eintrag zu thun. Für geringe Oeffnungen aber ist, wie man aus dem Vorhergehenden weifs, auch die sphärische Abweichung immer nur gering. Wenn ein solches Instrument von gröfserer Brennweite mit Umsicht und Geschicklichkeit ausgeführt wird, so wird man, wie Brewster meint, damit mehr in der Sonne sehn, als man bisher mit unsern besten Fernröhren gesehen hat. Wenn wir einen festen oder flüssigen Körper finden könnten, welcher alle Farben des Spectrums, nur die gelbe nicht, vollkommen absorbirte, so dürfte ein Teleskop dieser Art auch für Tagbeobachtungen und selbst für alle astronomische Zwecke auf eine ganz vorzügliche Weise geeignet erscheinen. Sollte dereinst die Kunst, den Linsen oder Spiegeln eine parabolische oder hyperbolische Fläche genau zu geben, erfunden werden, so würden alle diese hindernden Rücksichten, die aus der sphärischen Abweichung entstehn, mit einem Male entfernt werden und unsere Kunst, optische astronomische Instrumente zu verfertigen, würde einen sehr grofsen Schritt zu ihrer Vollendung zurücklegen.

Selbst wenn man sich blofs des rothen Lichts bedienen will, könnte man die optischen Instrumente, vorzüglich die zur Astronomie bestimmten, auf eine sehr einfache Weise bedeutend vervollkommnen. Wenn z. B. die rothen Strahlen den zehnten Theil der gesammten weifsen Strahlen bilden,

Digitized by Google

so dürfte man nur die Fläche des Objectivs zehnmal gröſser machen, um wieder dieselbe Helligkeit zu erhalten. Dadurch wird zwar die sphärische Abweichung allerdings bedeutend vergröſsert werden, aber wenn man bedenkt, daſs diese sphärische Abweichung zu der, die von der Farbenzerstreuung entsteht, sich nahe wie 1 zu 1200 verhält, so wird man in der Vergröſserung des Objectivs ziemlich weit gehn können, ohne der Klarheit des Bildes bedeutenden Abbruch zu thun. Bei unsern gewöhnlichen Fernröhren wird man ohne Zweifel schon groſse Vortheile erlangen, wenn man bei ihnen solche gefärbte Gläser anwendet, die auch nur die äuſsersten rothen Farben des Spectrums absorbiren, wenn sie auch nicht ein vollkommen farbenloses oder homogenes (gleichfarbiges) Bild erzeugen. Diese Bemerkung könnte für die Besitzer (und ihre Zahl ist nicht gering) solcher achromatischen Fernröhre sehr nützlich werden, die zu den mittelmäſsigen gehören, und mit denen sie doch, ohne groſsen Kostenaufwand, weiter gehen wollten, als sie bisher im Stande waren.

Bei vielen dieser letzterwähnten Fernröhre hebt die Flintglaslinse die Farbenzerstreuung der Kronglaslinse nicht ganz auf oder, was ebenso oft geschieht, sie hebt diese Zerstreuung mehr als auf, wodurch die Bilder wieder im farbigen Saume erscheinen. Ueberhaupt zeigen alle achromatische Fernröhre, die aus Kron- und Flintglas gemacht sind, die sogenannten secundären Farben, nämlich die weingelbe und die grünliche Farbe, die den Rand der Bilder mehr oder weniger umgeben. Obschon diese Randfarben bei einem nur einigermaſsen guten Fernrohre sehr fein und leicht aufgetragen erscheinen, so ist es doch besser, sie gänzlich zu entfernen, und das kann sehr leicht durch solche Gläser geschehn, welche diese Farben absorbiren, ohne der Intensität des Lichts bedeutend Eintrag zu thun. Die dazu geeigneten Glasarten wird man offenbar am sichersten durch Experimente finden, da jene secundären Farben selbst wieder bei verschiedenen Fernröhren verschieden sind, indem sie von der Natur der Glasart abhängen, die man zu den beiden Linsen genommen hat.

Digitized by Google

S. Absorption des Lichts durch Reflexion und durch Refraction.

Wenn das Licht von der Oberfläche eines Körpers zurückgeworfen wird, oder wenn es, nachdem es einen durchsichtigen Körper durchdrungen hat, auf der andern Seite desselben den Körper wieder verläſst oder gebrochen wird, so geht in beiden Fällen ein Theil des auf den Körper gefallenen Lichtes verloren oder es wird absorbirt. Da aber ein jeder Verlust des Lichtes als ein Schaden für das optische Instrument betrachtet werden muſs, so läſst sich die schon so oft aufgeworfene Frage, ob man die dioptrischen oder die katoptrischen Instrumente vorziehen, ob man diese oder jene zu vervollkommnen streben soll, wenigstens in einer Hauptbeziehung, auch so stellen: *Geht unter übrigens gleichen Umständen bei der Refraction oder bei der Reflexion mehr Licht verloren?*

Um diese für die optischen Instrumente höchst wichtige Frage zu beantworten, muſs man zuerst die Absorption selbst näher kennen lernen. Bekanntlich absorbiren selbst sehr durchsichtige Körper, wie Wasser, Luft u. s. w., wenn sie sehr dicke Schichten bilden, einen groſsen Theil des Lichts. Darum sehen wir auf den Gipfeln hoher Berge das Licht der Sterne so viel heller und darum sehn wir selbst die hellsten Körper, wenn sie am Grunde eines tiefen Wassers liegen, gar nicht mehr. Die absorbirende Kraft der Luft zeigt sich uns im Groſsen an den gefärbten Wolken, die den morgendlichen oder abendlichen Himmel schmücken, und die des Wassers sieht man am besten unter der Taucherglocke, wo selbst die Sonne am Mittag in einer dunkelrothen Farbe erscheint. In diesen beiden Fällen werden nur gewisse farbige Strahlen des Spectrums vorzugsweise absorbirt, und zwar in den genannten Beispielen alle bis auf die rothe, die allein dort zu den Wolken und hier zu dem Auge des Tauchers ihren Weg findet. Unter allen uns bekannten Körpern absorbirt die Holzkohle das meiste Licht, derselbe Körper aber ist zugleich in einem hohen Grade durchsichtig, wenn er in sehr verdünntem Zustande als Gas oder wenn er krystallisirt als Diamant auftritt. Ebenso sind die meisten Metalle im Zustande der Auflösung durchsichtig, feine Gold- und Silberblättchen

lassen das Licht in großer Menge durch sich gehen, und die ersten erscheinen dabei in einem schönen grünlichen, die zweiten in einem blauen Lichte.

Ueber die eigentliche Ursache dieser Absorption ist man noch nicht im Klaren. Man hat geglaubt, daſs die Lichttheilchen von den Elementen des absorbirenden Körpers nach allen Richtungen reflectirt, oder auch, daſs sie durch die in diesen Elementen wohnenden Kräfte zurückgestoſsen und dann mit diesen Körpern selbst in eine Art von Assimilation gebracht werden. Allein dann müſsten stark absorbirende Körper, wie die Holzkohle, wenn sie längere Zeit einem starken Lichte, z. B. dem der Sonne, ausgesetzt werden, eine Art von Phosphorescenz annehmen oder doch in einer weiſsen Farbe erscheinen. Da aber im Gegentheile alles Licht, welches in diese Körper dringt, nie mehr sichtbar wird, so scheint es, daſs das Licht von den Elementen des Körpers aufgehalten oder unterdrückt wird und dann in der Form einer imponderabeln Materie in dem Körper verbleibt.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daſs diese Körper, welche das Licht stark absorbiren, an ihrer Oberfläche aus einer groſsen Anzahl von dünnen Blättern bestehn. Wenn z. B. die oberste dieser dünnen Schichten die Kraft besitzt, von dem auf sie fallenden Lichte den 10. Theil, also z. B. 100 von 1000 auf sie fallenden Strahlen zu absorbiren, so werden $\frac{9}{10}$ des ursprünglichen Lichts oder 900 Strahlen auf die zweite Schicht fallen, diese absorbirt wieder den 10. Theil derselben oder 90 Strahlen, so daſs also nur 810 auf die dritte Schicht fallen werden, u. s. w. Daraus folgt, daſs die Quantität des von einem Körper durchgeschickten Lichts durch eine gegebene Anzahl von Schichten gleich ist dem durch eine Schicht durchgeschickten Lichte erhoben auf eine Potenz, deren Exponent die Anzahl dieser Schichten ist. Werden also durch eine Schicht $\frac{9}{10}$ Strahlen durchgeschickt, so werden durch drei Schichten

$$\left(\tfrac{9}{10}\right)^3 = \tfrac{729}{1000}$$

oder es werden 729 Strahlen von 1000 durchgeschickt werden und die Menge der absorbirten Strahlen wird 271 seyn. Mit andern Worten: die durchgelassene Lichtmenge vermindert sich in geometrischer Progression, während die Dicke der Schichten in arithmetischer zunimmt. Nimmt man daher die Einheit für die Menge der einfallenden Strahlen und x für die Men-

Digitized by Google

ge derjenigen Strahlen, welche übrig bleiben, nachdem die Einheit des Wegs durchlaufen ist, so ist für den zurückgelegten Weg t die übrigbleibende Lichtmenge gleich x^t, wo x offenbar ein ächter Bruch oder kleiner als die Einheit ist. Bezeichnet daher a die Anzahl der rothen Strahlen in einem weifsen Lichtstrahl, a' die der orangefarbigen, a'' der gelben Strahlen u. s. w., so wird der durchgelassene Strahl, nachdem er die Tiefe t erreicht hat, durch

$$a . x^t + a' . x'^t + a'' . x''^t + \ldots$$

ausgedrückt werden, wo jedes Glied die Intensität des entsprechenden gefärbten Strahls giebt und wo die Intensität des weifsen Strahls gleich $a + a' + a'' + \ldots\ldots$ ist; daraus folgt, dafs eine vollständige Absorption des Lichts streng genommen bei keiner endlichen Dicke der Schichten statt haben kann und dafs, wenn x für einen Strahl sehr klein ist, schon eine mäfsige Dicke den Bruch x^t auf eine ganz unmerkliche Gröfse herabbringen wird. Wenn z. B. eine Glasplatte von der Dicke eines Zehntel Zolls nur ein Zehntel der auf sie fallenden Strahlen absorbirt, so wird eine Platte von einem Zoll Dicke nur

$$(\tfrac{9}{10})^{10}$$

oder sie wird nur 304 von 1000 Strahlen durchlassen, während eine 10 Zoll dicke Platte nur

$$(\tfrac{9}{10})^{100} = 0{,}0000266,$$

das heifst, von 100000 Strahlen nur noch 3 durchlassen wird, so dafs daher die letzte Platte für unsere Sinne schon als eine völlig undurchsichtige zu halten ist.

Wir haben in dem Vorhergehenden die einzelnen Farben unterschieden. In der That ist auch bei allen Körpern die Absorption der rothen Strahlen z. B. eine ganz andere, als die der blauen oder gelben u. s. w. Gewisse Wolken absorbiren z. B. die blauen Strahlen und werfen nur die rothen zurück, während andere wieder, wie es scheint, alle Farben in gleicher Mafse absorbiren und also auch reflectiren, da man durch solche Wolken die Sonne und den Mond ganz in weifser Farbe erblickt. Verdünnte Tinte z. B. ist ein solcher Körper, der alle Farben in gleichem Mafse verschlingt, und W. Herschel hat sie deshalb angewendet, um durch sie ein ganz weifses Sonnenbild zu erhalten. Dasselbe thut unter den harten Körpern der Obsidian.

Digitized by Google

Alle eigentlich gefärbten Körper, feste sowohl als flüssige, wirken auf verschiedene Farben auch verschieden. In der That sind sie ja auch nur deshalb gefärbte Körper, weil sie die farbigen Strahlen des Lichts auf verschiedene Weise in sich aufnehmen. Wie aber auch die Farbe eines Mittels beschaffen seyn mag, so läſst es doch alle Strahlen hindurch, wenn die Dicke desselben unendlich klein ist. Denn ist $t = 0$, so wird x^t gleich 1 seyn, wie auch x beschaffen seyn mag. Daher sind alle dünnen Glasblasen und Glasplatten, wenn sie auch aus gefärbtem Glase geformt worden sind, farblos, und dasselbe gilt auch von dem Dampfe der gefärbten Flüssigkeiten. Wenn hingegen das Mittel auch nur in geringem Grade einige Strahlen leichter durchgehn läſst, als andere, so kann das Mittel so dick gemacht werden, daſs es jede beliebige Färbung erhält; denn ist x auch nur ein wenig kleiner als die Einheit und finden zwischen den Werthen von x für verschiedene Strahlen auch nur sehr geringe Unterschiede statt, so kann man durch die Vergröſserung von t, das heiſst, durch die Vergröſserung der Dicke des Körpers die Gröſse x^t so klein machen als man will. Bei sehr dunkel gefärbten Mitteln sind alle Werthe von x, x', x''.... sehr klein. Wären sie aber alle genau gleich groſs, so würde das Mittel bloſs das Licht aufhalten, ohne den hindurchgehenden Strahl zu färben. Körper dieser Art sind uns bis jetzt noch unbekannt.

Ohne diesen interessanten Gegenstand hier weiter zu verfolgen, wollen wir nur zusehn, ob diese Absorption des Lichts bei dioptrischen oder bei katoptrischen Fernröhren, alles übrige gleich gesetzt, gröſser ist. Der jüngere Herschel ist, oder war wenigstens früher, der Ansicht, daſs Metallspiegel in ihrem höchst polirten Zustande nur den dritten Theil des auf sie fallenden Lichts absorbiren, wonach dann den Spiegelteleskopen ein sehr groſser Vortheil über die Fernröhre mit Glaslinsen eingeräumt werden müſste. Auch sind, nach demselben ausgezeichneten Beobachter, unsere Refractoren den Reflectoren erst dann gleich zu achten, wenn die Oeffnung des Objectivs bei den ersten gleich 0,85 der Oeffnung der Spiegel bei den zweiten ist, so daſs z. B. seinem 20füſsigen Reflector mit einem Spiegel von 18 Zoll im Durchmesser ein Refractor erst dann gleichgesetzt werden könnte,

Digitized by Google

wenn die Oeffnung oder der Durchmesser des Objectivs bei dem letztern 18mal 0,85 oder $15\frac{3}{10}$ Zoll betrüge, eine Gröfse, die noch keine unserer Objectivlinsen erreicht hat. Das oben erwähnte Riesenteleskop von Herschel, dessen Länge 40 Fufs beträgt, hat einen Spiegel von 48 Zoll im Durchmesser. Ein dioptrisches Fernrohr müfste daher eine Objectivlinse von 48mal 0,85 oder von 40,8 Zoll, das heifst, von 3 Fufs $4\frac{4}{5}$ Zoll haben, um nach jener Schätzung dem 40füfsigen Spiegelteleskope gleich zu kommen. Es ist aber nicht wahrscheinlich, dafs wir je so grofse Glaslinsen erhalten werden, da, die grofse homogene Masse selbst abgerechnet, die Schwierigkeiten der Gestaltgebung einer solchen Linse mit ihrer Gröfse in einem solchen Verhältnisse wachsen, welches das der dritten Potenz des Durchmessers dieser Linsen weit übersteigt. Allein die Sache scheint sich nicht so zu verhalten, und Fraunhofer liefs sich durch jene Behauptungen nicht irre machen, sondern fuhr vielmehr fort, die dioptrischen Fernröhre weiter zu vervollkommnen, denen er die Spiegelteleskope sehr nachsetzen zu müssen glaubte. Er behauptete nämlich, dafs die Spiegel von dem auf sie fallenden Lichte viel mehr absorbiren, als bei dem Durchgange desselben durch Objectivlinsen von Glas verloren geht. Es ist mir unbekannt, ob Fraunhofer darüber eigene, concludente Beobachtungen angestellt hat, aber seine Ansicht wurde vollkommen durch diejenigen, sehr umständlichen, Beobachtungen bestätigt, die später Potter [1] angestellt hat. Nach diesen Beobachtungen gehen bei der Reflexion von metallnen Spiegeln von jeden 100 Strahlen 45, also beinahe die Hälfte (nicht, wie oben gesagt wurde, ein Drittel), verloren, und dieses zwar, wenn sie auf ebenen Spiegeln unter 45 Graden auffallen. Dazu kommt noch die Unvollkommenheit der Reflexion, die von der nicht völlig glatten Oberfläche selbst der bestpolirten Spiegel abhängt und die, nach demselben Beobachter, das auf die Spiegel fallende Licht fünf- bis sechsmal mehr nach allen Richtungen zerstreut, als dieses bei der Refraction durch Glaslinsen der Fall ist. Würden diese Unvollkommenheiten der Reflexion und Refraction bei Spiegeln und Linsen nahe von derselben Gröfse seyn, so würde das Herschel'sche Teleskop, dessen Spiegel

---

1 Edinburgh Journ. of Science. N. VI. p. 283.

Digitized by Google

48 Zoll Durchmesser hat, zu dem gröſsten Refractor Fraunhofer's, dessen Objectiv 9 Zoll im Durchmesser beträgt, sich verhalten wie 48^2 zu 9^2 oder wie 28 zu 1. Allein die Beobachtungen Struve's in Dorpat, besonders die an den feinsten Doppelsternen, zeigen, daſs er mit seinem Refractor von Fraunhofer fast alles das sehn kann, was Herschel mit seinen groſsen Reflectoren gesehn hat. Wenigstens gilt dieses von den doppelten und vielfachen Sternen; ob es auch von den viel lichtschwächeren Sternhaufen und Nebeln gilt, wird die Folge lehren.

T. Prüfung der Teleskope.

Das beste und sicherste Mittel, Instrumente dieser Art in Beziehung auf ihre Leistungen zu prüfen, ist unmittelbare Beobachtung desselben Gegenstandes, unter denselben Verhältnissen und wo möglich zu gleicher Zeit, mit verschiednen Instrumenten. Wenn ein solches Instrument auf den Namen eines vorzüglichen gerechten Anspruch machen soll, so muſs das Bild, welches die Objectivlinse oder der Objectivspiegel von den durch dasselbe betrachteten Gegenständen im Brennpuncte bildet, so beschaffen seyn, daſs es alle Strahlen, die von einem bestimmten Puncte des Gegenstandes kommen, bei diesem Bilde wieder in einen einzigen Punct vereinigt, und daſs diese einzelnen Puncte, ohne auf einander zu fallen, unter sich durchaus dieselben Verhältnisse ihrer Lagen behalten, welche sie in dem beobachteten Gegenstande selbst haben. Sind diese Lagen im Bilde in einem andern Verhältnisse, als in dem äuſsern Gegenstande, so wird das Bild verzogen oder verzerrt erscheinen, und fallen mehrere Puncte, die im Gegenstande getrennt sind, im Bilde zusammen, oder entstehn endlich, wegen der Farbenzerstreuung, von einem Puncte des Gegenstandes mehrere Bilder, so wird dadurch das ganze Bild undeutlich, schlecht begrenzt und verworren erscheinen, und dieses desto mehr, je stärker das Ocular jenes Bild vergröſsert, so daſs man mit einem solchen Fernrohre bei einem schwach vergröſsernden Oculare wohl noch erträglich, bei einer starken Vergröſserung aber nur sehr undeutlich sehn kann. Die Reinheit des Bildes im Brennpuncte des Objectivs

oder die eigentliche Güte des Fernrohrs hängt nämlich gröfstentheils nur eben von diesem *Objective* ab, daher auch dieses allein den Werth und die oft so bedeutenden Kosten des Fernrohrs bestimmt. Das Ocular aber soll blofs das von dem Objectiv erzeugte Bild vergröfsern, und dieses kann ohne viele Kunst, Mühe und Kosten selbst durch eine einfache Linse geschehn, obschon hiermit nicht gesagt werden soll, dafs die Oculare als ein unwesentlicher Theil dieser optischen Instrumente zu betrachten seyen, da sie, wenn sie fehlerhaft construirt sind, dem Bilde, also auch dem Eindrucke desselben im Auge des Beobachters schaden, und da sie, die blofs zur Vergröfserung dieses Bildes bestimmt sind, auch alle die Fehler vergröfsern, die durch eine unrichtige Construction des Objectivs in dieses Bild gekommen sind. Welches bessere Mittel könnte man aber wohl wünschen, um zu entscheiden, ob das Objectiv eines Fernrohrs auch in der That alle von den verschiednen Puncten eines Gegenstandes kommenden Strahlen wieder genau in ebenso viele scharf begrenzte Puncte vereinige, als eben die Doppelsterne, von welchen am Schlusse des letzten Absatzes (S) die Rede war. Es ist bekannt, dafs alle Fixsterne in unsern Fernröhren nur als ebenso viele untheilbare Puncte, ohne alle scheinbare Durchmesser, gesehn werden. Zwar sieht man sie nur zu oft auch noch als sehr merkbare Scheibchen von nicht immer kreisförmiger, sondern meistens unregelmäfsiger Gestalt, mit mehr oder weniger Strahlen umgeben, etwa so, wie man selbst mit freien Augen die gröfsern Sterne oder auch die Flamme eines entfernten Lichts oder eine Strafsenlaterne zu sehn pflegt. Aber diese Strahlen sind eben nichts, als eigentliche Fehler, die ihren Grund vorzüglich in der unrichtigen Construction der gewöhnlichen Fernröhre, zum Theil aber auch in einer Aberration unseres eigenen Auges haben. Ein richtig construirtes Fernrohr soll von allen diesen parasitischen Strahlen vollkommen frei seyn und jeden, auch den hellsten Fixstern nur als einen Punct ohne merkbaren Durchmesser zeigen. Ob diefs geschieht, wird sich aber am besten durch Betrachtung der Doppelsterne, besonders der sehr nahe bei einander stehenden, bei diesen hellglänzenden, auf dem dunklen Hintergrunde des Himmels leuchtenden, Puncten zeigen. Wenn nämlich das Fernrohr das oben erwähnte parasitische Licht nicht gänzlich aufzuheben im Stande

ist, so werden besonders diejenigen Doppelsterne, von welchen der eine oder auch beide von bedeutender Gröſse und Helligkeit sind, nicht mehr als zwei rein getrennte, sondern sie werden vielmehr als ein einziger, etwas in die Länge gezogener Stern erscheinen und ihre Duplicität wird nicht mehr rein hervortreten. Aber auch diejenigen Doppelsterne, die beide aus sehr feinen, aber sehr nahe bei einander stehenden, Sternen bestehn, werden in einem minder vollkommnen Rohre entweder nicht mehr als doppelt, oder auch wohl gar nicht erscheinen, so daſs man also auf diese Weise nicht nur von der richtigen Gestalt seiner Objectivlinse sich überzeugen, sondern auch von der *Sehkraft* oder, wie sie Herschel zu nennen pflegt, von der *raumdurchdringenden Kraft* seines Fernrohrs ein bestimmtes Maſs erhalten kann, nach welchem man mehrere dieser Instrumente schicklich unter einander zu vergleichen vermag. Wenn ich sage, daſs ich mit meinem Fernrohre bei einer bestimmten Vergröſserung, während einer sternhellen Nacht, ohne Mond und unter günstigen Verhältnissen diese oder jene feinen Doppelsterne deutlich und bestimmt gesehn habe, so gebe ich dadurch jedem Andern ein sicheres Mittel, zu entscheiden, ob sein Fernrohr wenigstens ebenso gut ist, als jenes. Zu diesem Zwecke folgen hier mehrere dieser Doppelsterne, die sowohl für schwächere als auch für stärkere Fernröhre als Prüfungsmittel vortheilhaft gebraucht werden können.

Sehr leicht und schon durch gewöhnliche achromatische Fernröhre von etwa 2 Fuſs Brennweite und 2 Zoll Oeffnung erkennbare Doppelsterne sind:

ζ Ursae majoris.	AR = $13^h 17'$,	P = $34^\circ\ 9'$,	Δ = $14''$,	Gröſse III und IV
γ Andromedae	1 53	.. 48 30	... 11	.... III und V
Θ Serpentis	18 48	.. 86 2	... 22	.... IV und IV
$\varkappa$ Herculis	16 0	.. 72 29	... 31	.... V und VI
ζ Lyrae	18 39	.. 52 36	... 44	.... III und IV

wo AR die Rectascension, P die Poldistanz, Δ die Entfernung der beiden Sterne und die römischen Zahlen ihre scheinbare Gröſse bezeichnen. Stärkere Fernröhre, etwa von 4 Fuſs Brennweite und $3\frac{1}{2}$ Zoll Oeffnung, fordern folgende Sternpaare:

Digitized by Google

Castor	AR = $7^h23'$,	P = 57°45',	Δ = 5",	Gröſse III und IV
π Bootis	14 32	72 49	7	V und VI
ι Trianguli	2 2	60 31	4	V und VI
ζ Cancri	8 2	71 50	6	V und VI
γ Virginis	12 33	90 29	3	III und III
α Ursae minoris	1 0	1 37	19	II und XI

Der letzte dieser Sterne ist der *Polarstern*, und sein Begleiter ist nur deshalb schwerer zu sehn, weil er so klein ist; γ Virginis aber fordert ein besseres Rohr, weil die zwei Sterne zwar beide groſs, aber auch einander sehr nahe sind, so daſs sie in mittelmäſsigen Fernröhren beide nur als ein einziger länglicher Stern erscheinen. Fernröhre der besten Art endlich werden für die folgenden Doppelsterne erfordert:

η Herculis	AR = $16^h37'$,	P = 50°45',	Δ = 2",	Gröſse IV und VIII
δ Geminorum	7 9	67 48	7	III und XIII
ε Bootis	14 37	62 11	4	III und VI
ζ Bootis	14 33	75 31	2	VI und VI
ω Leonis	9 19	80 18	2	VI und VII
β Orionis	5 6	98 23	9	I und X
η Pleiadum	3 39	66 30	2	V und XIV
η Coronae	15 16	59 4	1	V und VI
γ Coronae	15 35	63 8	2	IV und VII
σ Coronae	16 8	55 40	1	V und VII

Als besonders feine endlich und nur durch die vorzüglichsten Fernröhre sichtbare Doppelsterne können die zwei folgenden gelten:

bei β Capricorni	AR = $20^h11'$,	P = 105°19',	Δ = 3",	Gröſse XVII und XVIII
β Equulei	21 14	83 54	2	XIV und XV

Bei dem letzten, β Equulei, ist der Begleiter des gröſseren Sterns selbst wieder doppelt. Ein Fernrohr oder Spiegelteleskop, welches die beiden letzten Doppelsterne noch deutlich zeigt, ist nach Herschel's d. J. Urtheile schon zu den schwierigsten Untersuchungen geeignet und kein Fernrohr soll z. B. die Satelliten des Uranus zeigen, welches diese Prüfung nicht besteht.

U. Preise dieser Instrumente.

Daſs die Kosten solcher Spiegelteleskope von 20 und 25 Fuſs Brennweite sehr bedeutend sind, darf hier nicht erst erwähnt werden[1]. Aus Mangel aber eines umständlichen Ver-

1 In der folgenden Abtheilung (V) wird man die vorzüglichsten Gregor. Teleskope sammt ihren Preisen finden.

Digitized by Google

zeichnisses solcher Instrumente sammt den Preisen, für welche sie jetzt von den englischen Künstlern verfertigt werden, gebe ich hier die Preise der bei uns gewöhnlicheren dioptrischen Fernröhre verschiedner Art. Das bereits oben erwähnte Fraunhofer'sche Fernrohr in Dorpat (ein ihm an Gröfse ganz gleiches ist nun auch in der k. Sternwarte zu Berlin aufgestellt) kostete nahe an 10500 Gulden Augsb. Cour. Von demselben Künstler kostet ein montirtes Fernrohr mit Horizontal- und Verticalbewegung

von 72 Zoll Brennweite und $4\frac{1}{2}$ Par. Zoll Oeffnung . . 1060 fl.
von 69 — — — — 4 — — — — 870
von 48 — — — — 3 — — — — 350

Blofs die Doppellinse des Objectivs, in einen einfachen metallnen Ring gefafst, ohne Röhre, Oculare und Piedestal, kostet bei demselben Künstler

Oeffnung im Durchmesser		Gulden
1 Zoll	— — —	10
2 —	— — —	36
3 —	— — —	125
4 —	— — —	300
5 —	— — —	580
$5\frac{1}{2}$ —	— — —	770
6 —	— — —	1000

Man sieht daraus, dafs bei den stärkern Fernröhren blofs diese Doppellinse des Objectivs es ist, welche die hohen Preise dieser Instrumente erzeugt. Die Wirkung eines solchen Fernrohrs wächst im Allgemeinen, wie der Durchmesser dieses Objectivs, die Lichtstärke oder die Helligkeit aber, unter welcher ein Gegenstand durch dasselbe gesehn wird, wie das Quadrat dieses Durchmessers, so dafs also von den beiden äufsersten Instrumenten der letzten Tabelle, deren erstes eine Oeffnung von 1 und deren letztes eine Oeffnung von 6 Zoll hat, die Wirkung des zweiten, in Beziehung auf die Helligkeit, 36mal gröfser ist, als die des ersten. Wir lassen hier noch die vorzüglichsten Fernröhre mit ihren Preisen folgen, wie sie jetzt in dem Atelier des berühmten Optikers Plössl in Wien verfertigt werden.

Digitized by Google

Theaterperspective.

Oeffnung 15 Wien. Lin., Vergrößerung 3, Preis 7 fl.
18 — — 2 Oculare, — 3 und 6 — 18

Feldstecher.

Oeffnung 12 Lin., Ocul. 3, Vergröß. 4, 8 und 12, Preis 15 fl.
19 — — 4 — 4, 8, 13 und 20 — 30

Zugfernröhre.

Oeffnung 12 Lin., Brennweite 9, Länge 14 Zoll, Preis 18 fl.
16 — — — 16 — 24 — — 28
19 — — — 20 — 30 — — 37
24 — — — 25 — 36 — — 60

Achromatische, astronomische Fernröhre.

Länge 34 Zoll, Oeffnung 25 Lin., Brennweite 25 Zoll,
Oculare: ein irdisches mit Vergröß. 34,
2 astron. mit Vergrößerung 45 und 75,
sammt Dreifuß und Kasten . . . . 100 fl.

Länge 45 Zoll, Oeffnung 32 Lin., Brennweite 36 Zoll,
Oculare: ein irdisches mit Vergröß. 48,
3 astron. mit Vergröß. 55, 85 und 127,
sammt Dreifuß und Kasten . . . . 200 fl.

Länge 52 Zoll, Oeffnung 36 Lin., Brennweite 42 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröß. 48 und 70,
4 astronomische — — 50, 80, 110 und 140,
sammt Pyramidalstativ . . . . 320 fl.

Oeffnung 40 Linien, Brennweite 46 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergrößerung 50 und 80,
4 astronomische — — 56, 85, 125 und 160,
sammt Pyramidalstativ . . . . 450 fl.

Oeffnung 44 Linien, Brennweite 54 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergrößerung 55 und 90,
5 astronomische — — 50, 80, 110, 180 und 240,
sammt Pyramidalstativ . . . . 600 fl.

Oeffnung 48 Linien, Brennweite 60 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergrößerung 60 und 100,
5 astronomische — — 60, 90, 130, 180 und 270,
mit Pyramidalstativ . . . . 800 fl.

Digitized by Google

Dialytische Standfernröhre.

Länge 28 Zoll, Oeffnung 26 Lin., Brennweite 22 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröſs. 40 und 60,
2 astronomische — — — 45 und 70,
sammt Dreifuſs und Kasten . . . . . . 140 fl.

Länge 35 Zoll, Oeffnung 33 Lin., Brennweite 29 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröſserung 53 und 70,
3 astronomische — — 45, 72 und 105,
sammt Dreifuſs und Kasten . . . . . . 230 fl.

Länge 40 Zoll, Oeffnung 37 Lin., Brennweite 34 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröſserung 56 und 80,
4 astronomische — — 50, 80, 110 und 135,
sammt Dreifuſs und Kasten . . . . . . 310 fl.

Länge 44 Zoll, Oeffnung 41 Lin., Brennweite 38 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröſserung 60 und 90,
4 astronomische — — 55, 80, 120 und 160,
mit Pyramidalstativ . . . . 430 fl.

Länge 48 Zoll, Oeffnung 45 Lin., Brennweite 42 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröſserung 65 und 100,
5 astronomische — 55, 80, 120, 160 und 230,
mit Pyramidalstativ . . . . 570 fl.

Länge 51 Zoll, Oeffnung 48 Lin., Brennweite 45 Zoll,
Oculare: 2 irdische mit Vergröſserung 65 und 110,
5 astronomische — 60, 90, 130, 180 und 270,
mit Pyramidalstativ . . . . 760 fl.

Selbst die einfachen, bloſs roh gegossenen und weder geschliffenen noch polirten Glasplatten bieten immer gröſsere Schwierigkeiten dar und fordern daher auch immer höhere Preise, je gröſser sie selbst sind, da es ungemein schwer hält, bedeutende Glastafeln dieser Art von ganz homogener Masse, ohne Wolken und Streifen, zu erhalten; besonders beim Flintglase, wo die starke Beimischung von Blei jene Gleichförmigkeit der Masse, die zu einem guten Fernrohre unentbehrlich ist, so leicht stört. Die folgende kleine Tafel giebt von den schnell steigenden Preisen dieser noch ganz rohen Flint- und Kronglasstücke eine Uebersicht:

Durchmesser der Scheibe	Kronglas	Flintglas	Zusammen
4 Zoll	30 fl.	56 fl.	86 fl.
6 —	117 -	232 -	349 -
8 —	274 -	980 -	1254 -

Digitized by Google

Durchmesser der Scheibe	Kronglas	Flintglas	Zusammen
10 Zoll	544 fl.	1690 fl.	2234 fl.
12 —	1000 -	2880 -	3880 -

Wegen der Schwierigkeit, gröfsere, vollkommen homogene, Scheiben von Flintglas zu erhalten, mufsten sich selbst die Engländer bisher mit kleinern Objectiven begnügen. Ihre gröfsten Objectivlinsen haben nicht über 4½ bis 5 engl. Zoll im Durchmesser. Sie sind in dieser Beziehung vom Auslande bedeutend übertroffen worden. Guinand, ein Landmann in der Schweiz, und Fraunhofer in München haben bereits mehrere, viel gröfsere Glasstücke von vollkommner Gleichheit der Masse geliefert. Fraunhofer vollendete kurz vor seinem zu frühen Tode zwei Fernröhre, deren Objective eine Oeffnung von 9,9 Zoll (engl.) im Durchmesser haben. Sein Nachfolger März hat eins von 12 Zoll Oeffnung angefertigt, dessen Objectiv noch von Fraunhofer seyn soll, und derselbe hat jetzt, für die Sternwarte unweit Petersburg, noch gröfsere zugesagt. Fraunhofer versicherte in den letzten Jahren seines Lebens, dafs er nicht anstehe, Objective von 18 Zoll Durchmesser auszuführen. Das eine jener zwei Fernröhre von 9,9 Zoll Oeffnung ist an die Sternwarte zu Dorpat und das zweite an die in Berlin gekommen. Die Brennweite des Objectivs ist 13,5 Fufs und die dabei angebrachten astronomischen Oculare geben eine Vergröfserung bis 600 mit einem Durchmesser des Gesichtsfeldes von 2,3 Minuten. Lerebours, ein Optiker in Paris, hat in den letzten Jahren zwei von Guinand erhaltene Glasscheiben zu Objectivlinsen bearbeitet, die eine zu 12, die andere zu 13 Zoll im Durchmesser. Das aus der ersten gemachte Fernrohr sollte auf der Sternwarte in Paris aufgestellt werden, aber James South aus London kaufte beide Fernröhre für die Sternwarte in Kensington.

Von den vorzüglichsten der bisher erhaltenen Spiegelteleskope werden wir in der folgenden Abtheilung reden.

V. Geschichte der Spiegelteleskope.

Nach Klügel's Angabe[1] findet sich die erste Idee von einem Spiegelteleskope in einem Buche des Pater Zucchi, eines

1 Priestley's Geschichte der Optik. S. 566. Anm.

Digitized by Google

italienischen Jesuiten[1]. Dieser erzählt, dafs er schon im Jahre 1616 beim Nachdenken über das damals neu erfundene Fernrohr auf den Gedanken gekommen sey, metallne Hohlspiegel statt der gläsernen Objective zu nehmen, dafs er auch den Versuch ausgeführt und einen solchen Hohlspiegel mit einer concaven Ocularlinse verbunden habe, wodurch er die Gegenstände auf der Erde und am Himmel beobachten konnte. Um das Jahr 1616 aber war blofs das holländische Fernrohr mit einem concaven Oculare bekannt, Galilei's zweite Entdekkung dieses holländischen Fernrohrs fällt in das Jahr 1610 und erst zehn oder mehrere Jahre später kam Kepler auf die Idee des sogenannten astronomischen Fernrohrs mit einer convexen Ocularlinse. Zucchi's Erfindung scheint nicht aufser Italien bekannt geworden zu seyn und blieb selbst da lange unbenutzt. In Frankreich verfiel erst im Jahre 1644 der Pater Mersenne auf dieselbe Idee[2]. Er wollte zwei parabolische Spiegel mit einem ebenen Spiegel so verbinden, dafs er durch dieses Spiegelsystem entlegene Gegenstände gut sehn könnte. Aus dem Briefe des Descartes an Mersenne ersieht man, dafs der Letztere schon fünf Jahre früher, im Jahre 1639, sich mit diesem Spiegelsysteme beschäftigt habe, ohne dafs er es zu einer Ausführung gebracht hätte, vielleicht weil ihm Descartes abrieth, der die Fernröhre mit Glaslinsen vorziehn zu müssen glaubte. Um die Mitte des 17. Jahrhunderts erwachte unter den Optikern ein neuer Eifer, das seit fast 50 Jahren erfundene Fernrohr einer gröfsern Vollkommenheit entgegenzuführen. Ihre Bemühungen vereinigten sich besonders dahin, die bisher gebräuchlichen sphärischen Linsen durch hyperbolische zu ersetzen. Allein die grofsen Schwierigkeiten, welche sich diesem Unternehmen entgegensetzten, brachten endlich James Gregory in London auf die Idee, Spiegel statt der Linsen vorzuschlagen. Er machte seine Ansichten über diesen Gegenstand im Jahre 1663 bekannt und gab damals schon diejenige Verbindung von zwei Hohlspiegeln und einer Ocularlinse an, die wir oben unter der Aufschrift von Gregory's Teleskop kennen gelernt haben. So oft aber

---

1 Nic. Zucchii Parmensis Opera Philosophica. Lugd. 1652. 4. T. I. cap. 14. p. 126.

2 Universae Geometriae Synopsis. Par. 1644. 4.

auch später diese Idee, besonders in England, ausgeführt wurde, so scheint doch Gregory selbst bei der Idee stehn geblieben zu seyn, ohne weder durch eigene, noch durch fremde Hände ein solches Teleskop darstellen zu lassen. Daſs er diesen Gedanken nicht von Mersenne oder aus seinen Schriften erhielt, ist sehr wahrscheinlich, da diese Schriften in England damals nicht bekannt waren und da auch die Briefe des Descartes erst im J. 1666 in Holland gedruckt worden sind. Gregory ging ebenfalls von dem damals herrschenden Gedanken aus, daſs hyperbolische oder parabolische Flächen den sphärischen vorzuziehn seyen, nur glaubte er, und wohl nicht mit Unrecht, daſs solche Spiegel leichter als solche Linsen verfertigt werden könnten. Nach seinem Tode wurden solche Teleskope in groſser Menge in England verfertigt. Ja selbst die von Newton vorgeschlagene Einrichtung konnte sie nicht verdrängen, und auch lange nach Newton waren die meisten in England verfertigten Teleskope nach Gregory's Vorschlage gebaut, bis sie endlich, wenigstens für gröſsere Instrumente dieser Art, von derjenigen Einrichtung, die Herschel ihnen gegeben hat, in Schatten gestellt wurden. Am meisten wurden diejenigen Gregorianischen Teleskope geschätzt, die der geschickte Optiker Short in groſser Anzahl verfertigte. Das folgende Verzeichniſs giebt die Einrichtung und den Preis der vorzüglichsten dieser von Short verfertigten Gregorianischen Teleskope.

Brennweite des groſsen Spiegels.	Oeffnung des groſsen Spiegels.	Vergröſserung.	Preis.
1 engl. Fuſs;	3 Zoll;	35 bis 100mal;	14 Guineen
2 - -	4,5 -	90 — 300 -	35 -
3 - -	6,3 -	100 — 400 -	75 -
4 - -	7,6 -	120 — 500 -	100 -
7 - -	12,2 -	200 — 800 -	300 -
12 - -	18 -	300 — 1200 -	800 -

Nur drei Jahre später als Gregory, im Jahre 1666, trat Newton mit seinen Ideen über diesen Gegenstand hervor. In diesem seinem 23sten Lebensjahre hatte der groſse Mann bereits die Zusammensetzung des weiſsen Sonnenlichts aus mehreren verschieden gefärbten Strahlen und die verschiedene Brech-

barkeit dieser farbigen Strahlen entdeckt und auch schon den Grund zu seinen zwei anderen unsterblichen Erfindungen, der Infinitesimalrechnung und der allgemeinen Gravitation, gelegt. Da aber das Licht durch Glaslinsen ganz ebenso, wie durch Glasprismen, an welchen letzten er jene Entdeckung gemacht hatte, gebrochen wird, nur mit dem Unterschiede, daſs die von einem äuſsern Puncte auf eine Linse auffallenden Strahlen sich auf der andern Seite derselben wieder in einen Punct vereinigen, während sie bei den Prismen ihre frühere Lage gegen einander beibehalten, so zog er daraus den Schluſs, daſs jeder solcher äuſsere Punct die von ihm auf die Linse fallenden rothen, gelben, blauen u. s. w. Strahlen wieder in ebenso viele einzelne Puncte oder Bilder vereinigen werde, so daſs von den beiden äuſsersten Farben des Spectrums die rothen, als die am wenigsten brechbaren Strahlen, ihren Vereinigungspunct am entferntesten, die blauen aber, als die brechbarsten, am nächsten bei der Linse haben werden. Wenn daher alle diese Puncte oder diese Bilder des äuſsern Punctes, wie sie neben einander von der Objectivlinse entworfen werden, durch die Ocularlinse eines dioptrischen Fernrohrs betrachtet werden, so sieht das Auge nicht ein einziges, deutliches und rein begrenztes Bild, sondern es sieht viele derselben von verschiedenen Farben auf und neben einander liegend, d. h. es sieht keines derselben gut. Seine Beobachtung, wie sein auf diese gebauter Schluſs war vollkommen richtig, und die gefärbten, undeutlichen Ränder, unter welchen alle Gegenstände durch diese Fernröhre, wenn ihre Vergröſserung nur etwas stark war, erschienen, waren bekannt und schon lange die Plage der Optiker gewesen, und es handelte sich bloſs darum, ein Mittel dagegen zu finden. Allein Newton ging noch um einen Schritt weiter. Aus einem unvollkommenen Versuche, den er in seiner Optik[1] erzählt, schloſs er, daſs bei jedem Paare von brechenden Mitteln die Farbenzerstreuungen sich wie die um die Einheit verminderten Brechungen verhalten. Wollte man diese Behauptung als richtig annehmen, so müſsten alle Fernröhre, wenn sie keine Farben zeigen sollten, von unendlich groſser Länge seyn oder, mit andern Worten, so müſsten gute Fernröhre mit Glaslinsen unmöglich seyn. Newton gerieth

1 Liber I. Pars II.

Digitized by Google

auf dieses Resultat, indem er den Irrthum nicht bemerkte, zu welchem ihn jener Versuch verleitet hatte. Er hielt es für unmöglich, dioptrische Fernröhre mit farbenlosen Bildern zu verfertigen, und rieth daher, um diesen unvermeidlichen Fehler derselben wenigstens so klein als möglich zu machen, bei den sehr langen Fernröhren von 100 und 150 Fuſs stehn zu bleiben, die vor ihm schon Compani in Rom und Huyghens in Holland verfertigt hatten. Er selbst aber wendete sich, jene ihm eitel scheinenden Bemühungen aufgebend, ganz von diesen Fernröhren ab, um dafür dem Spiegelteleskope seine Aufmerksamkeit zu widmen, von welchem er dieses Hinderniſs nicht zu befürchten hatte, da von den Spiegeln die Strahlen aller Farben regelmäſsig zurückgeworfen werden, so daſs bei jedem derselben der Reflexionswinkel dem Einfallswinkel gleich ist.

Da er seine Ideen selbst ausführen wollte und vielleicht auch muſste, indem bis zu jener Zeit noch kein Künstler solche Spiegel von Bedeutung verfertigt hatte, so fand er bald groſse Hindernisse in der Politur dieser Metallmassen. Er fand, daſs sein Spiegel das Licht lange nicht so regelmäſsig reflectirte, als dasselbe durch die bisherigen Glaslinsen gebrochen wurde, und er war nach mehreren vergeblichen Versuchen nahe daran, die praktische Ausführung so vollkommener Spiegel für ganz unmöglich zu erklären. Endlich fand er im J. 1668 ein Mittel, diese gewünschte höhere Politur und zugleich die gehörige Gestalt der Spiegel mit der hier erforderlichen Genauigkeit zu erzeugen, und es war im Februar dieses Jahrs, als er einem seiner wissenschaftlichen Freunde in einem Briefe die Nachricht von der Vollendung seines ersten Spiegelteleskops, das er mit eigner Hand ausgeführt hatte, mittheilte. Dasselbe war bereits so eingerichtet, wie wir oben das Newtonianische Teleskop beschrieben haben. Der groſse sphärische concave Spiegel hatte eine nur etwas über einen Zoll groſse Oeffnung mit einer Brennweite von 6 Zoll und einer planconvexen Augenlinse von $\frac{1}{6}$ Zoll Brennweite. Die Vergröſserung desselben betrug also ungefähr 40, was, wie Newton bemerkte, immer mehr ist, als die besten dioptrischen Fernröhre von 6 Fuſs Länge leisteten, die zu seiner Zeit verfertigt wurden.

So zufrieden er auch mit diesem Resultate seiner ersten

Digitized by Google

Versuche seyn konnte, so schien ihm doch die Unvollkommenheit des zu diesem Instrumente gebrauchten Materials und besonders die noch nicht weit genug getriebene Politur des Spiegels noch gar Manches zu wünschen übrig zu lassen. Immer aber sprach er die Ueberzeugung aus, daſs ein 6füſsiges Teleskop dieser Art einem 60- oder selbst 100füſsigen Fernrohre, wie er diese letzten kannte, vorzuziehen seyn müſste. Dieses war demnach das erste eigentliche Spiegelteleskop, das in der That ausgeführt und mit dem auch Beobachtungen am Himmel gemacht wurden, wie denn Newton z. B. die Jupiterssatelliten damit sehr deutlich gesehn hat. Gregory, von dem wir früher gesprochen haben, hat zwar schon zwei Jahre früher, im J. 1664, einen Hohlspiegel von 6 Fuſs im Halbmesser von den damals berühmten Glasschleifern Cox und Rives in London verfertigen lassen, allein sie konnten mit der Politur desselben nicht zu Stande kommen und das mit diesem Spiegel beabsichtigte Fernrohr ist nie ausgeführt worden. Durch den glücklichen Erfolg dieses ersten Experiments aufgemuntert machte sich Newton mit allem Eifer an die Verfertigung eines zweiten besseren, von dem er sich mehr versprach. Als die kön. Akademie in London die Nachricht von der Vollendung und von den Leistungen desselben erhielt, lieſs sie Newton ersuchen, dieses Instrument der Akademie zur Prüfung einzusenden. Dieser Aufforderung gemäſs schickte er dasselbe mit einem Briefe an Oldenburg, den Secretär der Gesellschaft, im December 1671 nach London ab. Die Akademie fand es ihren Wünschen vollkommen entsprechend und bewahrte dasselbe in ihrem Museum auf, wo es auch noch jetzt mit der Inschrift aufbewahrt wird: *Invented by Sir Isaac Newton and made with his own hands. In the year* 1671. Bei diesen zwei Versuchen lieſs der groſse Mann es bewenden, da Untersuchungen anderer Art seine ganze Aufmerksamkeit in Anspruch nahmen. Aber auch kein Anderer nahm sich dieses wichtigen Gegenstandes weiter an und volle 60 Jahre vergingen, ohne daſs man an eine Nachahmung und noch weniger an eine Verbesserung dieses Instruments gedacht hätte. Es schien gänzlich in Vergessenheit gerathen zu seyn und die Optiker Englands, so wie anderer Länder beschäftigten sich diese ganze lange Zeit bloſs mit dioptrischen Fernröhren. Endlich trat James Short im Jahre 1730 zu Edin-

burg auf, ein Künstler von grofsem Rufe, welcher der Sache wieder einen neuen Schwung zu geben geeignet war. Nach ihm kamen Hadley, Molyneux, Airy und Herschel, die sich in der genannten Ordnung immer mehr in der Verfertigung dieser Instrumente auszeichneten. Ehe wir aber zu diesen Arbeiten von Newton's Nachfolgern übergehn, müssen wir noch Einiges von Newton selbst nachholen.

Um zuerst den oben erwähnten Irrthum zu besprechen, in welchen er gefallen ist, so ist derselbe in mehr als einer Rücksicht für die Geschichte der Wissenschaft merkwürdig geworden. Erstens schon, weil es ein Fehler Newton's war, eines Mannes, der nicht nur durch seinen Scharfsinn alle andere Menschen übertrifft, die je vor und nach ihm gelebt haben, sondern der auch, wie seine Biographie ausweist, in der Bekanntmachung seiner zahlreichen Entdeckungen die gröfste Vorsicht, oft bis zur sonderbarsten Mifsgunst und Zurückhaltung, zu zeigen pflegte. Zweitens aber auch deswegen, weil dieser Irrthum die ohne ihn vielleicht noch lange ausgebliebene Gelegenheit zur Entdeckung des Spiegelteleskops, dem die Astronomie so viel verdankt, aber auch zugleich der Verbesserung dioptrischer Fernröhre grofse Hindernisse dargeboten hat. Was Newton für unmöglich erklärte, konnte nicht leicht ein Anderer möglich machen wollen, am wenigsten einer seiner Landsleute, die bis auf den heutigen Tag für den grofsen Mann eine Art abgöttischer Verehrung hegen. Hätte er diesen Fehler nicht begangen, so würde das achromatische Fernrohr vielleicht ein Jahrhundert früher, vielleicht von einem andern Dollond noch zu Newton's Zeiten entdeckt, so würde aber auch ebenso wahrscheinlich das Spiegelteleskop viel später, vielleicht noch gar nicht bekannt geworden seyn. Dieser Fehler bestand aber darin, dafs Newton alle sogenannten Spectra von gleicher Länge glaubte, aus welcher Materie auch das Prisma besteht, durch welches diese Spectra erzeugt werden. Er war der Ansicht, dafs alle Körper die beiden äufsersten Strahlen dieses Spectrums, die rothen und die violetten, in gleichem Abstande trennen, wenn die Refraction der mittlern, der gelben Strahlen, dieselbe bleibt. Oder mit andern Worten: er glaubte sich aus seinen Experimenten zu dem Schlusse berechtigt, dafs bei allen Körpern zu demselben Grade der Brechbarkeit auch immer dieselbe Farbe gehöre, so

Digitized by Google

wie umgekehrt zu derselben Farbe auch immer derselbe Grad von Brechbarkeit. Daraus folgert er ferner, dafs Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett an sich ursprüngliche und einfache Farben seyen, ja einmal in seinen Ansichten befangen wollte er sogar eine Harmonie zwischen der Länge des farbigen Spectrums und den Eintheilungen einer musikalischen Saite aufstellen, ungefähr wie Kepler ein Jahrhundert vor ihm die Zwischenräume, welche die Planeten von einander trennen, durch die Tonleiter der musikalischen Accorde erklären wollte. Das Experiment, welches ihn zu diesem Irrthum verführte, bestand darin, dafs er die Refraction eines Glasprisma's durch die eines Wasserprisma's aufheben wollte, wobei er fand, dafs die Farben des einen Prisma's von denen des andern vollständig aufgehoben wurden, und aus dieser Aufhebung bei den zwei genannten Körpern schlofs er sofort, dafs dieselbe auch bei jedem andern Körperpaare statt haben müsse. Allein schon in diesem einen Experimente, und mehrere stellte er darüber nicht an, würden sich die Farben keineswegs gänzlich aufgehoben haben, wenn er das Wasser, welches er dazu verwandte, ganz rein gelassen hätte. Er mischte aber, um die Refractionskraft des Wassers zu vermehren, Bleizucker (*saccharum Saturni*) dazu, wodurch die Dispersionskraft des Wassers jener des Glases nahe gleich gemacht wurde, und da er die Dispersionskraft bei diesen zwei Körpern, dem Glase und seinem künstlich veränderten Wasser, gleich gefunden hatte, so schlofs er, dafs diese Kraft bei allen das Licht durchlassenden Körpern dieselbe seyn müsse. Allein dieses ist keineswegs der Fall, und wenn z. B. der blaue Topas eine Dispersionskraft von 0,024 hat, so ist die des Cassiaöls gleich 0,139, also die letzte nahe 6mal gröfser, als die erste.

Um diesen wichtigen Gegenstand besser zu übersehn, sey n der Sinus des Einfallswinkels dividirt durch den Sinus des gebrochenen Winkels bei dem Uebertritt des Lichts aus dem leeren Raume in ein brechendes Mittel. Diese Gröfse n wird bekanntlich der *Brechungsexponent* oder (schicklicher mit den englischen Optikern) der *Index der Refraction* genannt, und sie ist für jeden bestimmten Körper eine beständige Gröfse, wie grofs oder wie klein auch der Einfalls- und der gebrochene Winkel seyn mag, oder, genauer gesprochen, der *Re-*

Digitized by Google

fractionsindex ist bei jedem bestimmten Körper und für jeden bestimmten farbigen Strahl des Lichtes eine für alle Einfallswinkel constante Gröfse. Nennt man nun n den Refractionsindex für die mittleren (oder grüngelben) Strahlen des bekannten prismatischen Spectrums, n' aber für die untersten (rothen), so wie n'' für die höchsten violetten Strahlen, so wird die Dispersionskraft Δ der Farben eines jeden Körpers durch die Gleichung gegeben

$$\Delta = \frac{n'' - n'}{n - 1}.$$

Weiter ist die absolute Brechungskraft eines Körpers gleich der Gröfse

$$B = n^2 - 1,$$

und endlich ist, wenn d die specifische Dichtigkeit des Körpers ist, die specifische Brechungskraft des Körpers gleich

$$B' = \frac{n^2 - 1}{d}.$$

Für das Flintglas hat man z. B. den Brechungsexponenten der mittleren Strahlen $n = 1{,}639$, für die äufsersten rothen Strahlen aber hat man $n' = 1{,}628$ und für die äufsersten violetten $n'' = 1{,}654$. Endlich ist die Dichte d dieses Glases, die des reinen Wassers als Einheit vorausgesetzt, $d = 3{,}722$. Daraus folgt für diese Glasart

Brechungskraft, absolute $B = n^2 - 1 = 1{,}686$

relative $B' = \frac{n^2 - 1}{d} = 0{,}453$

Dispersionskraft der Farben $\Delta = \frac{n'' - n'}{n - 1} = 0{,}041.$

Für das Kronglas aber hat man $n = 1{,}5330$, $n' = 1{,}5258$, $n'' = 1{,}5466$ und $d = 2{,}520$, woraus folgt

$$B = 1{,}350,$$
$$B' = 0{,}536$$

und

$$\Delta = 0{,}039.$$

Für den Diamant endlich ist $n = 2{,}439$, $n' = 2{,}411$, $n'' = 2{,}467$ und $d = 3{,}521$, also hat man auch für diesen Körper

$$B = 4{,}949,$$
$$B' = 1{,}406$$

und

Digitized by Google

$$\Delta = 0{,}039.$$

Beim Diamant ist also der Brechungsindex 1,6, die relative Brechungskraft 2,6 und die absolute Brechungskraft 3,7 mal gröſser als beim Kronglase, aber die Dispersionskraft Δ dieser beiden Körper ist dieselbe. Der Diamant bricht die auf ihn fallenden Lichtstrahlen viel stärker als das Kronglas, aber beide zerstreuen die farbigen Strahlen auf gleiche Weise[1].

Dieser Irrthum Newton's, um wieder zu unserem Gegenstande zurückzukehren, scheint sich ihm und zugleich, durch seine Autorität verleitet, auch den meisten seiner Nachfolger mit der Kraft eines unwidersprechlichen Glaubens eingeprägt zu haben und er ist dadurch in der Geschichte der Wissenschaft als ein lehrreiches und warnendes Beispiel merkwürdig geworden. Einer der ersten und, wie Newton selbst gestand, ein nicht gering zu achtender Gegner seiner neuen Theorie des Lichts war Lucas in Lüttich. Dieser konnte mit allen seinen prismatischen Versuchen nie ein Spectrum erhalten, dessen Länge mehr als das Dreifache der Breite betrug, während Newton aus seinen eignen Experimenten die Länge des Spectrums nahe fünfmal gröſser als die Breite gefunden hatte. Newton suchte diese Verkürzung des Spectrums von Lucas in einer gröſseren Refractionskraft des von Lucas angewendeten Glases, in der bei dessen Versuchen geringeren Heiterkeit des Himmels, in der unvollkommenen Politur seines Prisma's, in der unvollständigen Messung der ganzen Länge des Spectrums, dessen eines Ende, wegen der dort schwächeren Farben, nicht mehr scharf aufgefaſst werden kann, u. s. f., aber es fiel ihm nicht ein, die Abweichung von seinen und Lucas Experimenten in einer verschiedenen Farbenzerstreuung der von ihnen gebrauchten Glasarten zu suchen, weil er nun einmal an die

---

1 Ein kleines Verzeichniſs der Werthe von n, d, B, B′ und Δ ist bereits oben Art. *Brechung* Bd. I. S. 1161 gegeben worden. Umständlichere Verzeichnisse für die vorzüglichsten der bisher untersuchten festen, tropfbaren und gasförmigen Körper findet man in Baumgartner's Naturlehre, Wien 1832, S. 319 und in dessen Supplementband, Wien 1831, S. 879 bis 917 für d und S. 1013 bis 1019 für n, B und B′, so wie S. 1020 bis 1023 für n″—n′ und Δ. Man sehe auch Brewster's Tafeln in dessen Treatise on new philosophical Instruments, p. 315, und desselben Treatise on optics, London 1831, p. 372. u. s. w.

Digitized by Google

Möglichkeit einer solchen Verschiedenheit der Körper nicht zu glauben entschlossen war. LUCAS zog sich endlich, ohne den Gegenstand weiter zu verfolgen, schweigend zurück, und NEWTON, der auf seiner einmal gefafsten Meinung beharrte, stand nicht an, zu behaupten, dafs, in Folge seiner vermeinten Entdeckung, alle Verbesserung der dioptrischen Fernröhre völlig unmöglich sey, wodurch er die Fortschritte dieses Zweiges der optischen Wissenschaft auf lange Zeit hinaus gehindert hat. Um zu sehen, dafs, wenn NEWTON's Entdeckung in der That richtig wäre, die Construction eines farbenlosen dioptrischen Fernrohrs auch wirklich unmöglich seyn müfste, läfst sich NEWTON's Behauptung von der Farbenzerstreuung der Körper auch so ausdrücken: *bei allen Körpern verhalten sich die um die Einheit verminderten Brechungsexponenten, wie die Farbenzerstreuungen derselben.* Nennt man also, wie zuvor, n und n_1 die Brechungsexponenten zweier Körper, z B. zweier verschiedenen Glasarten für die mittleren oder grünen Farben und bezeichnet man die Differenz der beiden Brechungsexponenten für die äufserste rothe und violette Farbe (die wir oben durch $n'' - n'$ bezeichnet haben) bei der ersten Glasart durch ∂n und bei der zweiten durch ∂n_1, so läfst sich NEWTON's obiger Satz auf folgende Weise ausdrücken

$$\frac{n-1}{n_1-1}=\frac{\partial n}{\partial n_1}.$$

Allein wenn bei einem aus zwei sphärischen Linsen bestehenden Fernrohre alle Farben der Bilder vernichtet werden sollen, so hat man[1] die Bedingung

$$\frac{\partial n}{p(n-1)}+\frac{\partial n}{p'(n_1-1)}=0,$$

wo p und p' die Brennweite des Objectivs und des Oculars bezeichnet. Die Vergleichung dieser beiden Ausdrücke giebt aber sofort die Gleichung

$$\frac{p}{p'}=-1.$$

Allein nach dem oben (F. V.) Gesagten ist für jedes System von zwei Linsen die Vergröfserung

---

1 S. Art. *Fernrohr.* Bd. IV. S. 175.

$$m = \frac{\alpha}{a'},$$

oder, da $\alpha = p$ und $a' = p'$ für jedes solche Fernrohr ist,

$$m = \frac{p}{p'},$$

also ist auch $m = -1$, oder die Vergröfserung eines zweilinsigen farblosen Fernrohrs mufs gleich der Einheit seyn, d. h. wenn das Fernrohr die Bilder der Gegenstände ohne Farben zeigen soll, so darf es diese Bilder nicht gröfser zeigen, als man sie mit freien Augen sieht, oder so hört es auf, in der gewöhnlichen Bedeutung des Worts ein Fernrohr zu seyn.

Der gröfste Analytiker des verflossenen Jahrhunderts, Leonhard Euler (geb. 1707, gestorben 1783), schien anfangs jene Versuche Newton's und die auf sie gebauten irrigen Schlüsse nicht zu kennen, sonst würde vielleicht auch er sich von allen fernern Untersuchungen des Gegenstandes zurückgezogen haben. Es war aber im Jahre 1747, als er aus einer einfachen Betrachtung des menschlichen Auges den Schlufs zog, es müsse möglich seyn, die durch die Brechung des Lichts entstandenen Farben wieder zu heben, weil sie in unserem Auge in der That gehoben sind. Er schlug dazu nach der Analogie des thierischen Sehorgans zwei Glaslinsen vor, welche zwischen ihren concaven Flächen Wasser oder andere Feuchtigkeiten enthielten. Diese Idee der Rechnung zu unterwerfen mufste er den Brechungsindex n sowohl, als auch die Zerstreuungskraft Δ der zu diesen Linsen gewählten Körper kennen. Allein statt diese Eigenschaften, wie er sollte, durch Experimente zu suchen, zog er es vor, aus blofs theoretischen Speculationen ein allgemeines Gesetz aufzustellen, durch welches für jeden Körper die Abhängigkeit der Brechung n der mittleren Strahlen von der Farbenzerstreuung $n'' - n' = \partial n$ desselben ausgedrückt werden sollte. Nach diesem Gesetze, was aber, so viel uns bis jetzt bekannt geworden ist, in der Natur gar nicht existirt, sollen sich die Farbenzerstreuungen aller Körper wie die Producte ihrer Brechungen in die Logarithmen dieser Brechungen verhalten, oder man soll nach Euler für alle Körper die Gleichung haben

$$\frac{\partial n}{\partial n_1} = \frac{n \,\mathrm{Log.}\, n}{n_1 \,\mathrm{Log.}\, n_1}.$$

Nach diesem Gesetze berechnete EULER[1] die Einrichtung eines farbenlosen oder achromatischen Fernrohrs, dessen Doppelobjectiv aus Linsen von Glas und Wasser bestand, und der erste Künstler seiner Zeit, JOHN DOLLOND in England, suchte diese Theorie auszuführen. Seine ersten Versuche mißslangen. Auch konnte die von EULER aufgestellte Theorie zu keinem erfreulichen Resultate führen. DOLLOND gab bald alle weitere Bemühungen auf und stellte sich wieder auf NEWTON's Seite, welcher alle Unternehmungen dieser Art schon von vorn hinein für unmöglich erklärt hatte. EULER im Gegentheile, der bei dieser Gelegenheit von NEWTON's Ansichten gehört hatte, blieb bei der seinigen stehn und suchte den Grund des Mißslingens bloſs in den groſsen praktischen Schwierigkeiten, die sich der genauen Ausführung seiner Theorie entgegenstellten[2].

Von diesen Verschiedenheiten der Ansichten so ausgezeichneter Männer aufgefordert ging KLINGENSTIERNA, ein schwedischer Geometer, noch einmal auf den Gegenstand zurück, um ihn von Anfang aus einer neuen Untersuchung zu unterwerfen. Er fand[3], daſs NEWTON's prismatischer Versuch unvollständig und daſs der von ihm auf diesen Versuch gegründete Schluſs unrichtig sey. KLINGENSTIERNA zeigte, daſs man allerdings dem von NEWTON gefundenen Resultate immer näher komme, je kleiner der brechende Winkel des Prisma's ist, welches man dabei anwendet. Da aber NEWTON seine Experimente nur mit sehr dünnen Prismen angestellt hatte, so hatte er sich dadurch verleiten lassen, seinem Satze eine Allgemeinheit zu geben, die er nicht besaſs, und es zeigte sich nun, daſs jeder Körper einen ihm eigenen Brechungsindex n und eine ihm ebenfalls eigene Dispersionskraft Δ der Farben habe, daſs diese beiden Gröſsen, so viel uns alle bisherige Versuche zeigen, von einander unabhängig sind und daher, jede für sich, durch Experimente besonders bestimmt werden müssen. Dadurch wurde der früher unbesiegbare Glaube an

1 Histoire de l'Acad. de Berlin. 1747.
2 Histoire de l'Acad. de Berlin. 1753.
3 Abhandlungen der Schwed. Akademie v. J. 1754.

Digitized by Google

das von NEWTON aufgestellte Theorem erschüttert. Die Möglichkeit eines farbenlosen Fernrohrs wurde nun nicht mehr bestritten und DOLLOND machte sich zum zweiten Male an seine seit sechs Jahren verlassenen Versuche. Er hatte die Freude, seine Wünsche erfüllt zu sehn, und schon im J. 1758 vollendete er sein erstes achromatisches Fernrohr mit einem Doppelobjective von Flint- und Kronglas, dessen Brennweite fünf Fuſs betrug und das in seinen Wirkungen die besten bis dahin bekannten chromatischen Fernröhre von 15 und 20 Fuſs weit hinter sich zurücklieſs. Er verwendete die letzten drei Jahre seines Lebens (er starb 1761) auf die Vervollkommnung dieser seiner glänzenden Leistung, die er noch viel weiter zu führen die feste Hoffnung hegte. Besonders hoffte er, und wohl mit Recht, von den gröſsern Oeffnungen, die er seinen Objectiven geben wollte, den schönsten Erfolg, und die Stelle[1] seiner letzten Schrift über diesen Gegenstand kann immer als sehr merkwürdig betrachtet werden, da DOLLOND ein Ziel als von ihm schon erreicht angiebt, von dem die Künstler unserer Tage noch weit entfernt zu seyn sich nicht verhehlen dürfen.

Ohne die Geschichte des achromatischen Fernrohrs hier weiter zu verfolgen, muſs nur noch bemerkt werden, daſs sich der Bekanntwerdung dieses wichtigen Instruments nicht nur die Irrthümer entgegensetzten, in welche zwei der ersten Mathematiker ihrer Zeit, NEWTON und EULER, verfallen waren, sondern daſs dasselbe schon volle 30 Jahre vor DOLLOND in der That erfunden und ausgeführt, aber durch eine unbegreifliche miſsgünstige Schickung wieder in Vergessenheit gebracht worden zu seyn scheint. Nämlich im J. 1729, nur 2 Jahre nach NEWTON's Tode, brach ein bisher im Felde der Wissenschaften ganz unbekannter Mann, CHESTER MORE HALL aus Essex, den Zauber, der diesem wichtigen Gegenstande so seltsamer Weise Fesseln angelegt hatte. Er lieſs durch praktische Optiker Linsen zu Doppelobjectiven schleifen, zu denen er die Halbmesser der Oberflächen angab, um dadurch die Abweichung wegen der sphärischen Gestalt sowohl, als auch die

---

1 And thus I obtained at last a perfect theory for making objectglasses to the aperture, of which I could scarce conceive any limits.

Digitized by Google

Farbenzerstreuung aufzuheben. Man kann daher nicht zweifeln, daſs seine Unternehmung nicht etwa bloſs zufällig, sondern auf Ueberlegung und Rechnung gegründet war. Hall selbst hat nichts Schriftliches über dieselbe bekannt gemacht, aber die nach seinem Vorschlage construirten achromatischen Fernröhre sollen wirklich ausgeführt und bekannt geworden seyn. Es scheint, daſs er seine Erfindung einstweilen geheim halten und erst dann veröffentlichen wollte, wenn er sie ganz nach seinem Wunsche verbessert haben würde. Seine Arbeiten und seine Ansprüche auf die Priorität wurden erst dann zur öffentlichen Kenntniſs des Publicums gebracht, als Dollond ein Patent für seine Fernröhre verlangte[1].

Wir müssen zuletzt noch einiger Zusätze und Verbesserungen gedenken, die Newton selbst an dem von ihm erfundenen Spiegelteleskope angebracht hat[2]. Da er seine Politur der Metallspiegel selbst für unvollkommen erkannte und sie nicht weiter zu verbessern wuſste, so rieth er, statt des groſsen Metallspiegels einen von Glas zu nehmen, eine gläserne, sphärische Scheibe, die an der Vorderseite hohl und an der Rückseite erhaben, an allen Stellen gleich dick und auf der Hinterseite mit Quecksilber belegt ist. Ebenso zog er statt des kleinen ebenen Spiegels ein dreiseitiges Glasprisma vor. Endlich lieſs er die Strahlen, kurz ehe sie das Ocular erreichten, durch eine kleine kreisförmige Oeffnung gehn, die er in einer Metallplatte angebracht hatte, wodurch er die vom Rande des groſsen Spiegels kommenden Seitenstrahlen wie durch ein Diaphragma abgehalten wissen wollte, um das Bild reiner zu machen. Das dreiseitige rechtwinklige Prisma, welches Newton seinem kleinen Planspiegel substituirte, wird durch die Zeichnung deutlich. Die Winkel A und C betrugen einen halben und B einen ganzen rechten
Fig. 29. Winkel. Die auf die Seite A B fallenden Lichtstrahlen werden von der Seite A C, wie von einem Planspiegel, reflectirt.

1 Edinburgh Encyclopaedia. T. XX. p. 479. Art. *Optics*. G. XXXIV. 243.

2 Die von ihm selbst verfaſste Beschreibung des ersten von ihm verfertigten Teleskops findet sich in den Phil. Transact. No. 82. Mart. 1672 und später etwas abgeändert in seiner Optica. Lib. I. Pars I.

Der große Vortheil eines solchen Prisma's in Vergleichung mit dem Planspiegel besteht darin, daſs die einfallenden Strahlen die Seite AC unter einem gröſsern Winkel treffen, als der, unter welchem die totale Reflexion anfängt, und daſs diese Strahlen daher von der Seite AC sehr nahe vollständig reflectirt werden, während auch bei den besten Metallspiegeln, nach dem oben Gesagten, beinahe die Hälfte der auf sie fallenden Strahlen nicht reflectirt, sondern absorbirt wird. Jedoch geht durch die Reflexion an den beiden Seiten AB und BC ein Theil des Lichts verloren und auch wohl noch einer durch die Absorption des Glases selbst. Allein das Prisma muſs aus einem sehr reinen, farben- und streifenlosen Glase bestehn und solche Glasstücke waren damals, wie auch wohl noch jetzt, nicht leicht zu erhalten. In unsern Tagen hat man daher solche Prismen aus Bergkrystall zu machen vorgezogen. NEWTON veränderte übrigens auch noch dieses Prisma in ein anderes A'B'C', dessen zwei Seiten A'B' und B'C' Fig. 30. Kugelflächen vorstellten, während die dritte A'C' eine Ebene bildete. Ein solches Prisma stellte nicht nur das Bild des Gegenstandes in seinem Teleskope aufrecht dar, sondern es konnte selbst so eingerichtet werden, daſs es die Vergröſserung des Teleskops vermehrte.

Bei dieser Gelegenheit mögen noch zwei andere Prismen erwähnt werden, die man in der Optik vortheilhaft angewendet hat. Das eine A''B''C'' hat eine convexe Seite A''B'', Fig. 31. eine concave B''C'' und eine ebene A''C''. Es wurde von CHEVALIER in Paris für die *Camera obscura* vorgeschlagen, so wie das unmittelbar vorhergehende mit zwei convexen Seiten noch heute bei den Mikroskopen zur Verstärkung des Lichts vortheilhaft gebraucht wird. Da diese Prismen, wenn sie genau seyn sollen, nicht eben leicht auszuführen sind, so schlug BREWSTER statt ihrer hemisphärische Prismen vor. Fig. 32. Will man die Brennweite m'n' desselben zu bestimmten Zwekken verlängern, so kann man unter den Theil B'''C''' der Halbkugel eine biconvexe Linse von einer längeren Brennweite legen, und wenn man dabei beide Stücke aus verschiedenen Glasarten verfertigt, selbst die Farbenabweichung derselben aufheben.

Endlich läſst sich auch ein einfaches Prisma, das von drei Fig. 33. Ebenen begrenzt ist, wie DEF..., zur Umkehrung jedes op-

Digitized by Google

tischen Bildes vortheilhaft anwenden, was für teleskopische und mikroskopische Instrumente oft sehr wünschenswerth ist. Das Prisma DEF ist ein dreiseitiges rechtwinkliges, und man sieht, wie der einfallende höchste Strahl Aa, nachdem er durch die Puncte a′ und a″ gegangen ist, zu dem tiefsten austretenden Strahl a″A′ wird, und so fort für alle übrigen Strahlen.

Zum Beschlusse dieser Bemerkungen über das Newton'sche Spiegelteleskop führen wir noch einige numerische Constructionen desselben an, wie sie von Hawksbee ausgeführt worden sind.

Brennweite des grofsen Spiegels.	Oeffnung des grofsen Spiegels.	Brennweite der Ocularlinse.	Vergröfserung.
1 engl. Fufs . . .	2,2 Zoll . . .	0,13 Zoll . . .	93
2 — —	3,8 —	0,15 —	158
3 — —	5,1 —	0,17 —	214
4 — —	6,4 —	0,18 —	260
6 — —	8,6 —	0,20 —	360
12 — —	14,5 —	0,24 —	600
24 — —	24,4 —	0,28 —	1020

Da das Teleskop Cassegrain's nur durch den kleinen Spiegel vom Gregorianischen verschieden ist, so kann es kaum als eine eigene Gattung dieser Instrumente angesehn werden. Nach dem Journal des Sçavans von 1672 soll sich Cassegrain in Frankreich, als die Erfindung Gregory's in diesem Lande bekannt wurde, dieselbe mit der erwähnten geringfügigen Abänderung haben zueignen wollen. Newton[1] machte mehrere Einwendungen gegen diese Einrichtung eines Teleskops, Montucla dagegen will es im Gegentheile als das beste unter allen dreien in Schutz genommen wissen. Im Jahre 1674 verfertigte Hook das erste bedeutende Spiegelteleskop, das aber nach Gregory's Vorschlag mit dem durchbohrten Spiegel versehn war. Bisher kannte man nur die beiden oben erwähnten, die Newton selbst in den J. 1668 und 1671 verfertigt hatte. Hook, der beinahe alle Entdeckungen Newton's für sich reclamiren wollte, schien es auch hier wieder auf eine Verdunkelung seines Nebenbuhlers abgesehn zu haben.

1 Philos. Trans. 1672. No. 83.

Digitized by Google

Er liefs sein Teleskop mit grofsem Pompe der kön. Akademie in London vorlegen, von der es auch günstig aufgenommen worden zu seyn scheint. Dessenungeachtet blieb die schöne Erfindung längere Zeit einer Art von Vergessenheit übergeben. Erst ein halbes Jahrhundert später, im Jahre 1720, trat John Hadley mit zwei neuen, von ihm verfertigten Spiegelteleskopen auf, die nun erst anfingen, eine allgemeine Aufmerksamkeit zu erregen. Diese Teleskope hatten fast 5 Fufs 3 Zoll Länge und der grofse Spiegel mafs 6 Zoll im Durchmesser. Die kön. Akademie, der diese Instrumente zur Prüfung vorgelegt wurden, ernannte die beiden berühmten Astronomen Bradley und Pound zu Examinatoren. Diese verglichen die Teleskope mit dem grofsen dioptrischen Fernrohre von Huyghens, das 123 Fufs Focallänge hatte. Sie fanden, dafs jene Teleskope dieselbe Vergröfserung ertrugen, wie dieses Fernrohr, und dafs sie alle himmlische Gegenstände ebenso deutlich, obgleich nicht ganz so hell, zeigten. Sie sahn damit alle von Huyghens entdeckte Gegenstände, die fünf Satelliten Saturns, den Schatten der Jupiterstrabanten auf der Scheibe ihres Hauptplaneten, den dunkeln Streifen in dem Ringe Saturns und den Rand des Saturnsschattens auf der Ringfläche[1]. Das Urtheil der beiden Prüfungscommissäre lautete daher sehr günstig, und sie schlossen ihr Gutachten mit der Aeufserung, dafs die Astronomen die bisherigen zu langen und unbequemen Fernröhre gewifs sehr gern mit diesem Spiegelteleskope vertauschen würden, wenn man nur noch ein Mittel finden könnte, die Metallspiegel vor dem Anlaufen zu sichern oder ebenso gute Spiegel von Glas zu verfertigen, als die Hadley'schen metallnen Spiegel sind. Dieser Hadley ist übrigens derselbe, von dem der *Spiegelsextant* den Namen des Hadley'schen Sextanten erhalten hat, dieses nützlichste oder eigentlich einzige astronomische Instrument, mit dem man auf der See zu Schiffe beobachten kann[2].

Nach Hadley trat James Short in Edinburg mit seinen Spiegelteleskopen auf. Er begann seine Arbeiten im J. 1732, im zweiundzwanzigsten Jahre seines Alters, und schon im J. 1734, noch ehe er nach London zog,

---

1 Philos. Trans. No. 376. 378.

1 S. Art. *Sextant.* Bd. VIII. S. 784.

übertrafen seine Teleskope die aller seiner Vorgänger. Er verfertigte seine Spiegel anfangs von Glas, nach Newton's Rath, fand aber, daſs sie weniger Licht reflectiren, als die metallnen, und daſs sie überdieſs durch ihr groſses Gewicht sehr leicht ihre Gestalt verändern. Die metallenen Spiegel, denen er anfangs eine parabolische Gestalt gab, verfertigte er in solcher Vollkommenheit, daſs er mit einem seiner kleinen Spiegel dieser Art, dessen Brennweite nur 15 Zoll betrug, die Philos. Transactions auf eine Entfernung von 500 Fuſs gut lesen, daſs er damit sogar die fünf äuſsersten Satelliten des Saturn sehn konnte, eine Kraft, hinter der alle frühern Teleskope von jener Gröſse weit zurückblieben. Der berühmte Maclaurin, selbst einer der besten Optiker Englands, verglich die Teleskope von Short mit denen der besten Londner Künstler und fand den Vorzug der erstern so groſs, daſs die kleinsten Short'schen Teleskope noch besser gefunden wurden, als die gröſsten der andern Optiker. Nachdem Short sich in London etablirt hatte, verfertigte er daselbst 1742 für Lord Thomas Spencer ein Spiegelteleskop von 12 Fuſs Brennweite für 630 Pfd. Sterling und im Jahr 1752 machte er ein noch gröſseres für den König von Spanien für 1200 Pfd. Sterling. Kurz vor seinem Tode brachte er noch den Spiegel zu Stande, der zu dem groſsen Aequatorial gehörte, das dann sein Bruder Thomas Short in der Sternwarte zu Edinburg aufstellte und für welches der König von Dänemark die Summe von 1200 Guineen vergebens geboten hatte [1].

Schon mit Hadley hatten sich Bradley und Molyneux verbunden, um gröſsere und vollkommne Spiegelteleskope zu Stande zu bringen. Besonders legten sie sich auf die Erfindung einer bessern Composition der Metallmasse für die Spiegel und auf ein genaueres Verfahren in der Politur derselben [2]. Aus dem Vereine dieser drei Männer gingen mehrere sehr gute Teleskope hervor, von denen das gröſste 8 Fuſs Brennweite hatte. Durch die offene Bekanntmachung ihrer Methoden eigneten sich nun auch die andern Künstler

---

1 Bernoulli lettres astronomiques. Berlin 1771. Lett. VI. et VII. und Lalande's Astron. §. 1931.

2 Ihr Verfahren wird näher beschrieben in Smith Lehrbegriff der Optik. Bd. III. Cap. II.

Digitized by Google

diesen Gegenstand zu, und SCARLET besonders mit HEARNE machten der kleineren Spiegelteleskope so viele, daſs sie von nun an in allgemeinen Gebrauch kamen und zu den stehenden Artikeln eines jeden optischen Ladens gemacht wurden[1]. Am geeignetsten zu diesen Spiegeln wäre wohl eine solche Masse, die nicht der Oxydation unterworfen wäre, eine hohe Politur annähme und so wenig Licht als möglich absorbirte. Man hat Platin dazu empfohlen, aber, so viel uns bekannt, noch keine Versuche im Groſsen damit gemacht, obschon jetzt dieses edle Metall durch Ruſsland allgemein verbreitet und im Preise sehr gefallen ist. Der Abbé ROCHON soll ein sechsfüſsiges Teleskop mit einem Platinspiegel verfertigt haben, welcher 8,75 Zoll im Durchmesser hielt[2]. Es wird sogar von einem Gregorianischen Teleskop desselben ROCHON geredet, das einen Spiegel von 22 Zoll Durchmesser und 22,5 Fuſs Brennweite gehabt haben soll. Wir wissen nicht, was diese Instrumente geleistet haben und wohin sie gekommen seyn mögen.

Alle bisher genannte Spiegelteleskope aber wurden von denen des W. HERSCHEL weit übertroffen. Schon vor dem Jahre 1774 hatte er einen fünffüſsigen Newton'schen Reflector zu Stande gebracht, der als einer der besten der bisher bekannten angesehn wurde. Seitdem hat der groſse und in allen seinen Unternehmungen unermüdliche Mann mit eigner Hand nicht weniger als

200 Metallspiegel von 7 Fuſs,
150 — — — 10 Fuſs,
80 — — — 20 Fuſs

Brennweite vollendet. Als gröſster Optiker seiner Zeit und vielleicht aller Zeiten war er zugleich einer der gröſsten und thätigsten Astronomen. Denn er begnügte sich nicht, die besten Spiegelteleskope verfertigt zu haben, er wollte sie auch

1 Ueber die Composition und Politur der Metallspiegel findet man noch Anleitungen von JOHN MUDGE in den Phil. Transact. Vol. LXVII. P. I. und in EDWARD's Directions for making the best composition etc. im Nautical Almanac for the year 1787. Ueber Glasspiegel gab CALEB SMITH in Phil. Trans. N. 456. Art. 8. einen geschätzten Aufsatz.

2 Gotha'sches Magazin für d. Neueste aus der Physik. Bd. VII. St. 1. S. 183.

Digitized by Google

selbst am besten gebrauchen. Schon das Teleskop von 7 Fufs Brennweite, das er im Jahre 1780 vollendet hatte, diente ihm zu einer der glänzendsten Entdeckungen, die allein schon seinen Namen für immer unvergefslich machen wird. Mit diesem Instrumente fand er am 13. März 1781 den entferntesten Planeten, *Uranus*. Die an diesem Teleskope angebrachten Oculare gaben ihm eine Vergröfserung von 230, 460 und 930. An seine spätern 20füfsigen Reflectoren konnte er Vergröfserungen von 500 bis 2000 anbringen, ohne sie, für lichtstarke Gegenstände, zu überladen. In demselben Jahre 1781 begann er, durch seine Entdeckung aufgemuntert, ein Teleskop von 30 Fufs Länge mit einem Spiegel von 36 Zoll im Durchmesser zu verfertigen. Aber im Jahre 1789 vollendete er, unter den freigebigen Schutz seines Königs Georg III. gestellt, das gröfste aller Spiegelteleskope von 40 Fufs Länge, mit einem Spiegel von 4,125 Fufs oder 49,5 Zoll im Durchmesser. Die aus Eisenblech gebaute Röhre dieses in seiner Art einzigen Instruments hat 40 engl. Fufs Länge, mit einer Oeffnung von 4 Fufs 10 Zoll im Durchmesser. Das ganze Teleskop wiegt mit seinem Spiegel gegen 5100 Pfund. Der erste Spiegel, den er zu diesem Instrumente gemacht hatte, wog 1035 Pf. Da er ihn aber zu schwach fand und Biegungen besorgte, so verfertigte er einen andern, der vor seiner Bearbeitung 2500 Pf. und nach derselben 2148 Pf. wog. Die stärkste Vergröfserung, die er noch bei Beobachtung der Fixsterne gebrauchte, war 6400; für die Planeten pflegte er die von 500 und lieber noch die von 250 anzuwenden. Die Helligkeit, unter welcher die Gegenstände in diesem Instrumente erscheinen, soll selbst für geübte Beobachter überraschend gewesen seyn, wie sich auch von einem so gewaltigen Spiegel erwarten läfst. Die Kosten des Ganzen sollen sich auf 2000 Pf. Sterl. belaufen haben. Bei den Beobachtungen mit diesem Teleskop sitzt der Astronom seitwärts von der Oeffnung des Rohrs, sein Gesicht dem Spiegel, seinen Rücken dem Gestirne zugewendet, und betrachtet das Bild, welches der grofse und einzige Spiegel von den Gegenständen entwirft, unmittelbar mit seiner Ocularlinse, wie oben (N) bereits erwähnt worden ist. Damit der Beobachter mit seinem Kopfe das Licht nicht hindert, frei zum Spiegel zu gelangen, wird der letztere etwas schief gegen die Axe gestellt, so dafs also auch das Bild aufser der

Axe, nahe am Rande der Röhre, entsteht. Unglücklicher Weise verlor der Spiegel durch eine einzige feuchte Nacht seine hohe Politur und das Instrument wurde, wenige Jahre nach seiner Aufstellung, unbrauchbar. Auch waren wohl die Beobachtungen an diesem zu voluminösen Teleskope sehr unbequem, so gut und sinnreich auch die Vorrichtungen zu der Bewegung und Handhabung desselben gewesen sind. Die Figur zeigt diese Vorrichtung, wie sie in den neuern Zeiten verbessert worden ist und für gröfsere Teleskope überhaupt in England gebraucht wird. Die Zeichnung zeigt ohne weitere Erklärung das starke Gerüst, zwischen welchem das Teleskop mittelst Schnüren in verticaler Richtung bewegt werden kann; die horizontale Bewegung des Fernrohrs aber wird dadurch hervorgebracht, dafs das Instrument sammt seinem Gerüste, mittelst vier Rollen, auf der Peripherie einer kreisförmigen, horizontalen Unterlage, dem Fufsboden des Instruments, ebenfalls durch Schnüre und Kurbeln, herumgeführt wird. Um und über das Ganze wird ein Thurm mit einem beweglichen Dache erbaut, dessen Oeffnung man auf diejenige Seite des Himmels bringen kann, auf der man eben beobachten will. Fig. 34.

Die grofsen Entdeckungen, die Herschel's Namen verewigt haben, wurden nicht mit diesem 40füfsigen Teleskope gemacht, sondern mit den 12- und 20füfsigen, die viel leichter zu behandeln sind. Auch ist jetzt durch J. F. W. Herschel, den Sohn von Sir William Herschel, an derselben Stelle, wo früher jenes grofse Teleskop stand, ein anderes von 20 Fufs Brennweite und 18 Zoll Oeffnung errichtet worden, mit dem auch der Letztere, bis zu seinem Abgange nach dem Cap, bereits viele interessante Beobachtungen, besonders über die Nebelmassen des Himmels angestellt hat, die wohl allein von den Herschel'schen Teleskopen mit der erforderlichen Schärfe gesehn werden können. Die gröfsern Spiegelteleskope wurden bisher als England allein angehörend betrachtet, da die meisten derselben, die man in andern Ländern aufgestellt und gebraucht hat, in England verfertigt sind. Hier werden nur diejenigen auszunehmen seyn, die Schröter in Lilienthal und Schrader in Kiel selbst verfertigt haben. Der Erste erhielt im Jahre 1786 ein von Herschel verfertigtes Teleskop von 7 Fufs 4 Zoll Länge mit einem Spiegel von 6,5

Digitized by Google

Zoll Durchmesser[1]. Schröter erhielt dazu die stärkste Vergröfserung von 1200, aber er machte sich selbst später noch stärkere Oculare, wie denn auch Herschel bei einem nahe gleich grofsen Teleskope zur Beobachtung des scheinbaren Durchmessers von α Lyrae eine Vergröfserung von 6450 angewendet hat. Uebrigens können so starke Vergröfserungen nur bei sehr lichtstarken Gegenständen, bei der günstigsten Beschaffenheit der Atmosphäre u. s. f. mit Nutzen angewendet werden. In den meisten Fällen aber wird man viel schwächere angemessener finden. So gebrauchte Schröter bei jenem Teleskope für den Saturn die Vergröfserung von 210, für den Mond aber die von 640. Der Durchmesser des Gesichtsfeldes betrug bei der 300fachen Vergröfserung 5 Minuten. Schröter's Beobachtungen zu seinen *selenographischen Fragmenten* sind beinahe ganz mit diesem Teleskope gemacht worden. In diesem Werke findet man auch die Beschreibung eines Newtonianischen Teleskops von 25 Fufs Länge, welches Schröter, gemeinschaftlich mit Schrader, selbst verfertigt und das er der k. Societät der Wiss. zu Göttingen im Jahre 1794 zur Prüfung übersendet hatte. Nach den Beobachtungen, die Schröter selbst mit diesem Teleskope angestellt hatte, ward es seinen besten Wünschen entsprechend gefunden. Er sah damit im Jahre 1794 den Stern σ Orionis zwölffach. Bekanntlich ist er erst in unsern Tagen von Struve mit dem grofsen Refractor Fraunhofer's 16fach gesehn worden[2]. Bald nachher verfertigte Schrader ein anderes Teleskop von 26 Fufs Länge, das er selbst[3] beschrieben hat. Eins der gröfsern von Herschel verfertigten Teleskope findet man auch in dem mathematischen Salon zu Dresden, in der sogenannten Hofsternwarte in Wien und auf dem Observatorium zu Göttingen. Von Ramage's neuern grofsen Spiegelteleskopen ist schon oben (O) gehandelt worden. Noch wollen wir bemerken, dafs der berühmte Astronom in Cambridge, jetzt in Greenwich bei London, G. B. Airy, erst im Jahre 1822 wieder die Glasspiegel zu ihrer früher verlornen Ehre zu bringen

1 Schröter Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen. Berl. 1788.

2 M. s. Götting. gel. Anzeigen 1794. St. 60. und Bode's astr. Jahrbuch. 1793, 94, 96 und 1797.

3 Beschreibung eines Teleskops. Hamburg 1794.

Digitized by Google

suchte. Nach seinem sinnreichen darauf angewendeten Verfahren liefs er mehrere recht gute Teleskope mit Glasspiegeln verfertigen, und man mufs bedauern, dafs seine andern gehäuften Geschäfte als Lehrer der Mathematik und jetzt als kön. Astronom in Greenwich ihm nicht erlaubten, diesen interessanten Gegenstand weiter zu verfolgen.

L.

Tellur.

Tellurium; *Tellure*; Tellurium.

Ein von Müller v. Reichenstein und von Klaproth entdecktes Metall, im gediegenen Tellur, Schrifttellur, Weifstellur, Blättertellur, Tellurwismuth, Tellurblei und Tellursilber vorkommend; krystallisirt in spitzen und stumpfen Rhomboedern und sechsseitigen Tafeln, nach den Flächen des spitzen Rhomboeders spaltbar; von 6,2445 spec. Gewichte; sehr spröde, zinnweifs, schmilzt unter der Glühhitze, und siedet noch unter dem Erweichungspuncte des Glases, gelbe Dämpfe von unangenehmem Geruch erzeugend.

Das *Tellur-Oxyd* oder die *tellurige Säure* (32,1 Tellur auf 8 Sauerstoff) ist ein weifses Pulver, leicht schmelzbar und dann zu einer strohgelben, strahligen Masse erstarrend, nicht in Wasser löslich. Die Auflösungen desselben in Säuren werden oft schon durch Verdünnung mit Wasser zersetzt; Phosphor, schweflige Säure, Antimon, Zink und mehrere andere Metalle fällen daraus metallisches Tellur, Alkalien fällen sie weifs, Hydrothionsäure schwarzbraun, mit den Alkalien und anderen stärkeren Salzbasen bildet die tellurige Säure tellurig-saure Salze, von denen die des Ammoniaks, Kali's, Natrons und Lithons in Wasser löslich sind. Die *Tellursäure* (32,1 Tellur auf 12 Sauerstoff) erscheint im wasserfreien Zustande als orangegelbes Pulver, in Wasser und den meisten übrigen Flüssigkeiten unlöslich; in gewässertem in farblosen Krystallen, welche metallisch schmecken, Lakmus röthen, sich reichlich in Wasser und wässerigen Säuren lösen und mit den Salzbasen die tellursauren Salze bilden, von denen die der Alkalien in Wasser löslich sind.

Digitized by Google

Das Tellur ist das einzige Metall, welches mit Wasserstoff eine Säure zu bilden vermag. Diese, die *Hydrotellursäure* (32,1 Tellur auf 1 Wasserstoff), ist ein farbloses, brennbares Gas, der Hydrothionsäure ähnlich riechend, vom Wasser leicht absorbirbar, mit Alkalien hydrotellursaure Salze liefernd. Das *Fluortellur* ist wasserhell, leicht schmelzbar und verdampfbar. Das *Halb-Chlor-Tellur* ist ein schwarzer, nicht krystallinischer Körper, der leicht schmilzt und sich dann in einen purpurnen Dampf verwandelt. Das *Einfach-Chlortellur* ist weifs und krystallinisch, zu einer gelben Flüssigkeit schmelzbar und schwierig in dunkelgelben Dämpfen verflüchtigbar. Das *Bromtellur* krystallisirt in gelben Nadeln', in der Hitze schmelzend und einen gelben Dampf bildend. Das *Jodtellur* krystallisirt in eisenschwarzen Säulen. Das *Schwefeltellur* ist, durch Füllung erhalten, braunschwarz, nach dem Schmelzen grau, halb metallglänzend und ein Nichtleiter der Elektricität.

G.

Temperatur.

Temperatura; Température; *Temperature.*

Das Wort Temperatur (von *temperare*, mäfsigen), wenn wir den Gebrauch desselben in der Akustik ausschliefsen[1], bezeichnet die in Beziehung auf die Wärme und Kälte vorhandenen Zustände der Körper in der Art, dafs eine *hohe* Temperatur das Vorhandenseyn verhältnifsmäfsig vieler Wärme, eine *niedere* aber weniger Wärme andeutet. Hiernach wäre Temperatur mit Wärme identisch, wenn nicht der erstere Ausdruck blofs den Zustand der Körper, der letztere aber zugleich die Ursache dieses Zustandes bezeichnete. Man könnte sonach die Untersuchung der Temperatur auch als einen Theil der Wärmelehre betrachten, allein die Temperaturverhältnisse der verschiedenen Gegenstände, namentlich unserer Erde und in den unteren Regionen des Luftkreises an den verschiedenen Orten, sind so zusammengesetzt und wichtig, dafs ihnen nothwendig ein eigner Artikel gewidmet werden mufs; jedoch

---

1 S. *Schall.* Bd. VIII. S. 341.

Digitized by Google

wird darin von der Entstehung und den Modificationen der die Temperatur bedingenden Wärme nicht die Rede seyn, indem diese zweckmäfsiger dem Artikel *Wärme* anheimfallen. Ferner übersieht man bald, dafs sich nicht wohl Untersuchungen über Temperatur im Allgemeinen anstellen lassen, sondern diese beziehn sich stets auf diejenige, welche einem gegebenen Gegenstande eigen ist. Sofern aber die Menge der Gegenstände, deren Temperatur untersucht werden könnte, unendlich ist, so können die Untersuchungen sich nur auf diejenigen beziehn, deren Temperatur zu kennen für uns von Wichtigkeit ist, namentlich die Erde, deren Kruste und die sie zunächst berührenden Luftschichten.

A. Temperatur im Innern der Erde[1].

1) Dieser Gegenstand ist bereits[2] untersucht worden und es bedarf also hier nur eines Nachtrags. Es wurde aus zahlreichen Beobachtungen geschlossen, dafs die Wärme der Erde mit der Tiefe des Eindringens nach dem Innern derselben bedeutend zunehme und sich hiervon auf den Zustand des eigentlichen Glühens schliefsen lasse, wenn auch das genaue Gesetz der Zunahme der Wärme mit der Tiefe noch nicht ausgemittelt ist. Seitdem wurde diese Aufgabe ausführlich durch Cordier[3] behandelt, welcher zu dem nämlichen Resultate gelangte. Hierzu benutzte er die bereits genannten Untersu-

1 Die Aufgabe, die Temperatur unserer Erde genauer zu kennen, ist von solcher Wichtigkeit, dafs ihr ein eigener, nachfolgender Artikel gewidmet werden mufste. Inzwischen durften einige dazu gehörige Sätze wegen ihres genauen Zusammenhanges mit den folgenden Untersuchungen hier nicht fehlen. Wiederholungen sind dabei möglichst vermieden worden.

2 S. *Erde*. Bd. III. S. 971. Vergl. Arago in Annuaire 1834. Poggendorff Ann. Bd. XXXVIII. S. 235. Edinb. Phil. Journ. T. XXXII. p. 205.

3 Mém. de l'Acad. l'Inst. de France. T. VII. p. 473. Edinb. New Phil. Journ. N. VIII. p. 273. X. p. 277. XI. p. 32. Seine Abh. ist vom 1. Juni 1827. Vergl. Schweigger's Journ. Bd. LII. S. 265. Mém. du Musée d'Histoire nat. 8ter Jahrg. 5. Heft. Poggendorff Ann. Bd. XIII. S. 363.

chungen von Gensanne[1], D'Aubuisson[2], de Saussure, Freiesleben und v. Humboldt, v. Trebra, Thom. Lean und W. Fox, aufserdem aber die nicht genannten von Bald, Dunn und Fenwick in den Kohlenminen von Nordengland[3]. Cordier verkennt nicht, dafs ein kleiner Irrthum in der Annahme der Temperaturvermehrung bei gemessenen Tiefen bedeutende Fehler in der Bestimmung des Gesetzes der Wärmezunahme hervorbringen mufs. Seine eigenen Messungen 1) in den Minen von Littry, im Departement von Calvados, 184 Fufs über dem Meeresspiegel, 2) in denen von Decise im Departement von Nièvre, 460 F. hoch sich öffnend, 3) von Carmeaux im Departement der Tarn, nördlich von Alby, ungefähr 768 F. über dem Meeresspiegel sich öffnend, in den Jahren 1822 bis 1825 sind daher mit gröfster Vorsicht angestellt worden; die gebrauchten Thermometer wurden mit Hülfe von Arago und Mathieu mit dem auf der Sternwarte zu Paris verglichen und verdienen daher volles Vertrauen.

2) Mit Recht verwirft Cordier die grofse Zahl von Beobachtungen der Lufttemperatur in den Schachten, weil aus seinen, auf Sachkenntnifs gestützten, Bemerkungen genügend hervorgeht, dafs zu viele Bedingungen störend einwirken, den Mangel genügender Vorsicht bei ihrer Anstellung nicht gerechnet. Dennoch geht aus ihnen unverkennbar eine mit der Tiefe zunehmende Temperatur hervor. Die aus den Grubenwassern erhaltenen Resultate sind allerdings weit zuverlässiger, aber keineswegs absolut sicher, weil man nicht wissen kann, wie schnell das Tagewasser durch die Erdkruste dringt, bis zu welcher Tiefe es vor seinem Erscheinen herabsinkt und durch welche Canäle es vorher läuft. Es ist demnach, insbesondere bei den besseren, jetzt zu Gebote stehenden Thatsachen, überflüssig, das Gesetz der Wärmezunahme, wie Cordier dasselbe aus den älteren Beobachtungen in Sachsen, England und Mexico ableitet, hier wiederzugeben. Das Einschliefsen der Thermometer in die Felsen der Schachte verspricht weit si-

---

1 Er bezieht sich auf Mairan Dissertation sur la Glace. Par. 1749. p. 60., die mir nicht zur Hand ist.

2 Journ. des Mines. T. XI. p. 517. T. XXI. p. 119. Déscription des Mines de Freiberg. p. 151. 186. 200.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. XIX. p. 488. T. XXI. p. 308. Vergl. N. J. Winch Geogr. Distrib. of Plants. p. 51.

cherere Resultate, aber dennoch verwirft CORDIER diejenigen, welche v. TREBRA in den sächsischen Bergwerken erhalten hat, weil die hervorstehenden Felsen zu lange mit der Luft in den Minen in Berührung gewesen waren. Ebendieses Argument läfst sich gegen einige Messungen in den Minen von Cornwallis und Carmeaux geltend machen, weniger aber gegen die zu Dalcoath in Cornwallis durch Fox angestellten, wo ein Thermometer, 3 F. 3 Zoll tief in einen Felsen eingesenkt, 18 Monate hindurch beobachtet wurde, obgleich auch diese nicht gegen jede Einwendung sicher sind. Die einzige unzweifelhafte Thatsache ist die höhere Temperatur, die man unveränderlich in den Gewölben unter der Sternwarte zu Paris antrifft, aus welcher eine Tiefe von 92 Fufs für 1° C. hervorgeht.

3) Die Versuche CORDIER's genauer zu beschreiben übergehe ich der Kürze wegen, und begnüge mich, die hauptsächlichsten der verschiedenen Folgerungen mitzutheilen, welche er daraus ableitet, deren einige zwar mehr in das Gebiet der Phantasie gehören und minder genau mit anderweitigen Thatsachen übereinstimmen, die meisten aber zur Erklärung der geologischen Phänomene höchst fruchtbar sind. Uebereinstimmend mit früheren Versuchen geht aus den sehr genauen von CORDIER unverkennbar eine mit der Tiefe zunehmende Wärme hervor, die auffallend wächst, aber bei weitem nicht an allen Orten auf gleiche Weise, und die keinem constanten, auf die geographische Länge oder Breite gestützten, Gesetze unterliegt [1]. In einigen Gegenden beträgt die einem Grade zugehörige Tiefe nicht mehr als 15, ja sogar nur 13 Meter, im Mittel aber läfst sich vorläufig 25 Meter hierfür annehmen. Hieraus folgt dann zunächst, dafs der Erdball anfänglich in feurigem Flufs gewesen seyn müsse und dafs dieser Zustand noch jetzt in ihrem Innern statt finde. Nähme die Wärme in dem angegebenen

---

1 FR. PARROT d. Aelt. hat in einer ausführlichen Abhandlung in Mém. de l'Ac. Imp. des Sc. de Petersb. VI. Sér. T. I. p. 501 die Meinung von einer nach dem Innern der Erde zunehmenden Wärme bestritten. Hierbei stützt er sich hauptsächlich auf den Mangel an Uebereinstimmung der bisher erhaltenen Resultate. Dieser Einwurf ist allerdings gegründet, kann aber das Ergebnifs im Ganzen, wonach die Wärme mit der Tiefe zwar wächst, wenn gleich das Gesetz der Zunahme noch unbekannt ist, nicht aufheben.

Digitized by Google

Verhältnifs zu, so betrüge die Glühhitze im Centrum die enorme Gröfse von 3500° Wedgwood oder 250000° C. Eine Hitze von 100° Wedgwood, die im Stande wäre, alle Laven zu schmelzen, würde nach seinen Versuchen schon eintreten zu Carmeaux in 55 Lieues Tiefe, jede Lieue zu 5000 Meter gerechnet, zu Littry in 30 Lieues, zu Decise in 23 Lieues, welche Gröfsen $\frac{1}{23}$, $\frac{1}{42}$ und $\frac{1}{55}$ vom Halbmesser der Erde ausmachen, und in diese Tiefen müfsten wir denn auch den Flüssigkeitszustand des Erdballs setzen. Wird dann mit Fourier angenommen, dafs die Erde sich noch fortwährend abkühlt, so müssen hierdurch auch stets noch primitive Lagerungen gebildet werden, bis die Abkühlung aufhört. Die Dicke der bereits abgekühlten Rinde der Erde kann nicht wohl mehr als 20 Lieues zu 5000 Meter betragen, welches nicht völlig $\frac{1}{63}$ des Erdradius ausmacht, jedoch ist diese Dicke nicht überall gleich, die dünneren Schichten geben eine gröfsere Bodenwärme, und daher kann die mittlere Temperatur nicht nach einer auf die Breitengrade gegründeten Formel für alle Längen berechnet werden, wie solche durch Mairan, Lambert, Mayer und Andere aufgestellt worden sind. Die Beweglichkeit der innern flüssigen Masse mufs dann auch nothwendig die Zerreifsungen und Zerklüftungen der Kruste bewirkt haben, die wir überall wahrnehmen, und die weithin sich erstreckenden Erdbeben zeigen noch fortwährend Schwankungen der Erdkruste, wie denn nicht minder die Hebungen der skandinavischen Küsten und das Sinken der africanischen im Betrage von 2 bis 3 Centimetern in einem Jahrhundert leicht damit in Zusammenhang zu bringen sind. Kühn ist die Hypothese, wonach die vulcanischen Ausbrüche dadurch erzeugt werden sollen, dafs die stets sich mehr abkühlende Kruste eine Zusammenziehung erleidet, welche bei der inneren glühenden Masse geringer ist, während gleichzeitig die Excentricität der Erde zunimmt, weswegen die inneren Theile durch die Krater der Vulcane einen Ausweg suchen. Zur Unterstützung dieser Meinung dienen die Messungen der Massen, welche vom Pico di Teneriffa in den Jahren 1705 und 1798 und von den erloschenen Vulcanen Murol in der Auvergne und Cherchemus bei Mezin im Innern von Frankreich ausgeworfen worden sind, woraus sich ergiebt, dafs diese im Mittel ein Kubik-Kilometer (29174 Kub. F.) betragen. Würde diese Masse über

die ganze Erde ausgebreitet, so betrüge die Dicke nicht mehr als $\frac{1}{500}$ Millim., und der mittlere Halbmesser des noch glühenden Erdkerns, die feste Kruste 20 Lieues (von 5000 Meter) dick angenommen, würde dadurch nur um $\frac{1}{494}$ Millim. verkürzt werden. Eine Verkleinerung des Erdballs durch Abkühlung könnte sonach, meint Cordier, mit der Behauptung Laplace's, dafs die Länge der Tage seit Hipparch's Zeiten noch kein Dreihundertstel einer Centesimal-Secunde abgenommen habe, sehr wohl bestehn. Uebereinstimmend mit der ganzen Hypothese müssen die Erdbeben die dünnsten Stellen der Erdkruste am meisten treffen. Unhaltbar ist dagegen nach neueren Ergebnissen die Hypothese, dafs die Menge des Eisens im Innern der Erde, welches durch die Bestandtheile der Laven und das spec. Gewicht der Erde angedeutet wird, nach Halley's Meinung Ursache des tellurischen Magnetismus seyn soll, da glühendes Eisen nicht magnetisch ist, der Magnetismus der Erde ohne Zweifel blofs in der erstarrten Rinde seinen Sitz hat und da am schwächsten sich zeigt, wo die zersetzte Erdkruste am dünnsten, die Bodenwärme dagegen am gröfsten ist, woraus die eigenthümliche Krümmung der nördlichen isodynamischen Linien erklärlich wird[1].

4) Wenn gleich die von Cordier aufgestellten Folgerungen als bereits hinlänglich begründet angenommen werden und man sonach im Ganzen nicht mehr an einer mit der Tiefe zunehmenden Temperatur des Erdballs zweifelt, die in der Tiefe von etlichen geographischen Meilen nicht blofs zur Glühhitze, sondern sogar bis zur Schmelzhitze der strengflüssigsten Fossilien übergehn mufs, man ferner im Allgemeinen damit einverstanden ist, anzunehmen, dafs wegen der vielen und grofsen obwaltenden Schwierigkeiten das Gesetz der Wärmezunahme nicht mit absoluter Schärfe aufgefunden werden kann, da es auf jeden Fall höchst wahrscheinlich ist, dafs dasselbe nicht an allen Orten der Erde das nämliche sey, und aufserdem ganz willkürlich vorausgesetzt wird, dafs die mit der Tiefe bis zum Centrum wachsende Wärme eine arithmetische Reihe bilde, so bleibt dennoch das Problem ein sehr wichtiges und die Ansprüche der Wissenschaft fordern daher,

1 Vergl. unten: *Ursachen der Temperatur-Unterschiede, Bodenwärme.*

Digitized by Google

dafs man dasselbe so weit als möglich verfolge. Man hat demnach auch später die bis dahin aufgefundenen Thatsachen durch keineswegs unbedeutende Beiträge vermehrt.

5) Ein Zweifel gegen die Hypothese einer Wärmezunahme nach dem Innern der Erde, wie der bereits erwähnte von Moyle, ist nicht weiter erhoben worden, aufser ein ähnlicher von Math. Miller[1], nach dessen Meinung die gröfsere Wärme in tiefen Schachten vom Niedersinken der äufsern Luft herrührt, welche dadurch verdichtet werden und Wärme ausscheiden soll. Dieser Einwurf ist jedoch durch Fox[2] bereits dadurch widerlegt worden, dafs er die Wärme der aufsteigenden und der niedersinkenden Luftströme in tiefen Schachten mafs, wobei sich zeigte, dafs jene 5° bis 9°,5 C. wärmer sey, als diese. Unter die älteren, noch nicht erwähnten und hier daher nachzutragenden, Messungen gehören die von John Forbes[3] in den Kohlenminen von Cornwallis, welcher anfangs gleichfalls die Meinung hegte, die wahrgenommene höhere Temperatur entstehe durch die Arbeiter und Grubenlichter, was er durch Berechnung der hierdurch erzeugten Wärme, mit Rücksicht auf die fortdauernd weggeführte, zu beweisen suchte. Durch diese genaueren Bestimmungen und durch fortgesetzte Messungen überzeugte er sich jedoch, dafs diese Ursache zwar mitwirkend, zugleich aber dennoch eine innere Wärme der Erde anzunehmen sey. Ebendieses Resultat geht aus den vielen Messungen hervor, welche Bald[4] in den Kohlenminen in Nordengland vornahm, so wie aus denen von John Davy[5] und von Barham[6], welcher in den vielfach für diesen Zweck benutzten Kohlenminen von Cornwallis die Temperatur von 16 bis 100 Fathoms = 28° bis 34° C., in 230 Fathoms Tiefe aber = 41° bis 45° C. gefunden haben will. Aus den Messungen in den Minen von Durham in Northumberland folgt

1 Edinburgh Phil. Journ. N. XVIII. p. 242.

2 Philos. Magaz. and Annals of Phil. 1830. Febr.

3 Cornwall. Geol. Trans. T. II. p. 159. Ann. of Phil. XXII. p. 447. Phil. Mag. LXI. p. 436. G. LXXVI. 390.

4 Edinburgh Phil. Journ. N. I. p. 134.

5 Edinburgh Journal of Science N. V. p. 75.

6 Cornwall. Geol. Trans. T. III. p. 150. Férussac Bulletin. Geol. 1829. N. II. p. 174.

Digitized by Google

eine Zunahme der Temperatur von 1° C. für 80 Fufs Tiefe[1]. Die Resultate der älteren Versuche sind verschiedentlich, namentlich auch durch HENWOOD[2] zusammengestellt worden und lassen im Ganzen keinen Zweifel an der Richtigkeit der Thatsache übrig. Unter die neueren Versuche gehören ferner diejenigen, welche R. FOX[3] mit dem ausgepumpten Wasser in den Minen von Cornwallis angestellt hat, da man auch nach CORDIER hieraus richtigere Resultate erhält, als durch Beobachtungen der Lufttemperatur. In den Kupferminen der Parochie Gwennap fand er für 1° C. 30 Fufs Tiefe, in den Zinnminen Huel-Var bei Helston für 1° C. Temperaturerhöhung 75 Fufs; am stärksten war die Wärmezunahme in den Poldice Kupfer- und Zinnminen in der Parochie Gwennap, welche gleichfalls vermittelst des ausgepumpten Wassers gefunden wurde, denn sie betrug im nahe übereinstimmenden Mittel aus beiden für 1° C. nur 16 Fufs. Dieses weicht sehr ab von demjenigen Resultate, welches IRVING[4] in den Minen der Leadhills erhielt, denn dort betrug die Wärmezunahme nur 1° C. für 190 Fufs Tiefe. In Beziehung auf die vielen, in England angestellten, Messungen verdient als auffallendes Resultat noch erwähnt zu werden, dafs nach HENWOOD's[5] Messungen in den Minen von Cornwallis die Temperatur im Granit mit der Tiefe weniger zunehmen soll, als in den geschichteten Felsarten; denn es betrug die Wärme

bis 50	Faden im Granit	11° C.,	in geschichteten Felsarten	13°,89 C.
— 100	— — —	15,00	— — — —	16,30 -
— 150	— — —	18,50	— — — —	20,00 -
— 200	— — —	—	— — — —	25,56 -
tiefer	— — —	27,37	— — — —	29,75 -

In einer andern Mine gab das unterirdische Wasser als noch sichereres Resultat:

Galerie 22,5 Faden im Granit 12°,45 C.; 17 Faden
in geschichteten Felsarten 11°,88 C.
in 100 Faden im Granit 14,00 C.; 113 Faden
in geschichteten Felsarten 15°,36 C.

---

1 Edinburgh Journ. of Science N. S. N. XII. p. 345.
2 Edinburgh Journ. of Sc. N. XX. p. 234.
3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XX. p. 382.
4 L'Institut. 1836. N. 172.
5 L'Institut. 1836. N. 185. Edinburgh New Phil. Journ. N. XLII. p. 376.

Digitized by Google

Dieses auffallende Ergebnifs mufs jedoch durch anderweitige Erfahrungen erst weiter bestätigt werden, ehe man eine Erklärung desselben versuchen darf.

Die mit der Tiefe wachsende Temperatur ist auch an vielen andern Orten bestätigt worden[1], z. B. in den Minen der Leadhills in Schottland[2], wo nach mehrmonatlicher Abwesenheit aller Arbeiter die Wärme des Wassers oben 4°,44 C. und in 95 Faden Tiefe 9°,44 gefunden wurde. Zu Dieuze, wo die mittlere Temperatur der Luft 10°,1 C. beträgt, fand Levallois[3] in einer fast 330 F. tiefen Salzmine 13°,1 C., so dafs dort also gerade 110 Fufs Tiefe auf 1° C. Wärmezunahme kommen. Ebenso gewahrte man auch zu New-Jernsey in einem 300 Fufs tiefen Brunnen eine merkliche Zunahme der Temperatur[4]. Merkwürdig ist der Umstand, welchen man bei den tiefen Brunnen in Indien wahrgenommen hat, nämlich dafs diejenigen, aus denen stets Wasser zur Bewässerung geschöpft wird, eine höhere und mit der Tiefe mehr zunehmende Temperatur zeigen, als diejenigen, die seltener im Gebrauch sind. Tremenheere[5] unter Andern fand unter 26° und 28° N. B. und 76° bis 78° östl. Länge v. G., wo die mittlere Temperatur = 24°,5 C. ist, in 40 bis 80 Fufs Tiefe 25°,56 C., in 80 bis 120 Fufs 26°,31 C., in 120 bis 140 Fufs 27°,22 C. Wärme.

6) Alle diese Resultate beweisen zwar im Allgemeinen den fraglichen Satz, es giebt jedoch andere Versuche, welche, mit weit mehr Umsicht angestellt, der Sache eine mehr wissenschaftliche Grundlage geben. Dahin gehören vorzüglich diejenigen, welche P. Erman[6] in einem Bohrloche zu Rüdersdorf unweit Berlin angestellt hat. Dieses Bohrloch gewährte die Erreichung einer Tiefe von 630 Fufs unter der Hängebank, die eingesenkten Röhren in demselben hatten jedoch unten eine Weite von nur 3,2 Zoll und gestatteten daher blofs

1 London and Edinburgh Phil. Mag. N. XXVII. p. 237.

2 Edinb. New Phil. Journ. N. XLI. p. 174.

3 Ann. des Mines 3me Sér. T. III. p. 629.

4 Ann. des Mines T. VI. p. 443.

5 Biblioth. univ. 1836. p. 355. aus Am. Journ. Vergl. l'Institut. 1836. N. 184.

6 Berliner Denkschr. Jahrg. 1831. u. 1832. Vergl. v. Leonhard Neues Jahrbuch. 1833. Hft. 6. S. 717.

Digitized by Google

die Anwendung eines gehörig eingeschlossenen trägen Thermometers, welches so lange in dem Wasser in der Tiefe erhalten werden mufste, bis es die dortige Temperatur angenommen hatte, und wobei dann erforderlich war, die während des Heraufziehens erfolgte Veränderung zu berechnen. Nach vorläufigen Proben nahm das Thermometer die Temperatur der Umgebung binnen 2 Stunden völlig an, auch betrug der Einflufs der äufseren Wärme nur 0,1 Grad R. in 4 Minuten; das Seil hatte vorher, gehörig belastet, im Wasser gehangen und war dann durch angeheftete Marken in die zum Messen dienenden aliquoten Theile getheilt worden. Die Versuche am 25. Juni 1831 ergaben für rheinländische Fufs

Temperatur der Luft im Freien	— —	12°, 6 R.
— — auf der Sohle des 80 F. tiefen Schachtes	— —	8,0 —
— — des Wassers daselbst	— —	10,3 —
— — in 625 Fufs Tiefe	— —	15,58 —
— — in 495 — — —	— —	14,50 —
— — in 350 — — —	— —	13,98 —
— — in 200 — — —	— —	10,75 —
— — in 630 — — —	— —	15,40 —

Nimmt man aus den beiden Resultaten für die gröfste Tiefe das Mittel = 15°,49 und für die bekannte mittlere Temperatur des Ortes 8°,04, so betrug die Zunahme 7°,45 R., wodurch die von einigen Gelehrten rücksichtlich der Wärmezunahme gemachten Einwürfe gänzlich beseitigt werden. Sollten jedoch die erhaltenen Resultate zur genauen Bestimmung des Gesetzes dieser Zunahme dienen, so bemerkt Erman mit Recht, dafs wegen des Ausströmens des Wassers aus diesem artesischen Brunnen die erforderlichen Correctionen unmöglich aufzufinden sind, und man kann hierzu nur gelangen, wenn man das Thermometer in die verschiedenen Tiefen frisch gebohrter Löcher herabsenkt. Da die ganze gebohrte Tiefe des Loches 709 Fufs betrug, die Röhrenleitung aber nur bis 630 Fufs reichte, und das Thermometer beim letzten Versuche 5 F. tief im Schlamm steckte, so läfst sich annehmen, dafs das herabgesenkte Thermometer die Temperatur der gröfsten Tiefe angezeigt habe, in welchem Falle 95,3 Fufs für 1° R. gehörten; zeigte dasselbe aber die Temperatur derjenigen Tiefe, wo es sich wirklich befand, so würde diese Gröfse nur 84,7 Fufs

betragen. Nimmt man hiervon einen mittlern Werth, so gehören 90 Fuſs Tiefe für 1° R. Daſs aber die in den höheren Stationen beobachteten Temperaturen mit keiner dieser beiden Annahmen übereinstimmen, erklärt sich leicht aus der nicht völligen Abkühlung des aufsteigenden Wassers und aus dem Einflusse des seitwärts zuströmenden. Bei diesen Versuchen verdient noch bemerkt zu werden, daſs der tiefste Punct des Bohrloches von 630 Fuſs, wohin das Thermometer gelangte, ungefähr 428 Fuſs unter dem Spiegel der Nordsee liegt.

7) In demselben Jahre am 3. Juli stellte Magnus[1] in diesem Bohrloche abermals Versuche an und bediente sich hierbei des von ihm eigens für solche Messungen zweckmäſsig construirten *Geothermometers*[2]. Dieses zeigte in 655 F. Tiefe von der Höhe an gerechnet, auf welcher der Schacht angelegt ist, 15°,9 R., in 500 Fuſs Tiefe 14°,2 und in 380 F. Tiefe 13°,7. Das 80 Fuſs tiefer aus der Röhre ausflieſsende Wasser zeigte 10°,3 R., mithin geben 655 — 80 = 575 Fuſs Tiefe 15°,9 — 10°,3 = 5°,6 R. Temperaturunterschied, also 100 Fuſs 1° R., welches für 420 Fuſs 14°,5 und für 300 Fuſs 13°,3 mit dem Versuche sehr genau übereinstimmend giebt. Die mittlere Temperatur des Bodens zu Rüdersdorf nimmt Magnus mit v. Humboldt zu 7°,6 R. an, und dann beträgt der Temperaturunterschied für 655 Fuſs Tiefe 15°,9 — 7°,6 = 8°,3 R., wonach für jede 100 Fuſs 1°,25 R. kommen, oder es kämen auf 1° R. Wärmezunahme fast 79 Fuſs Tiefe. Wollte man aber die Wärmezunahme von der Tiefe des Stollens anfangend rechnen, welcher mit einem nahen See von der angegebenen mittleren Bodentemperatur in gleichem Niveau liegt, so kämen auf 1° R. nur etwas über 69 Fuſs, eine allerdings geringe Gröſse, welche auf die Vermuthung führen müſste, daſs das wärmere Wasser aus gröſseren Tiefen komme. Die Messungen sind später in den Jahren 1831, 1832 und 1833 noch zehnmal durch den Bergmeister Schmidt[3] vermittelst eines Apparates wiederholt worden, welcher dem von Erman gebrauchten nachgebildet war. Die gefundene Wärmezunahme stimmte jedoch weder in den verschiedenen Versu-

---

1 Poggendorff Ann. XXII. 146.
2 Vergl. *Thermometer*.
3 Poggendorff Ann. XXVIII. 283.

Digitized by Google

chen unter sich, noch mit der durch Erman und Magnus gefundenen vollkommen überein; bloſs die Temperatur des ausflieſsenden Wassers wurde stets gleichmäſsig gefunden. Diese letzten Versuche haben noch den Vorzug, daſs sie bis zu einer Tiefe von 880 Fuſs fortgesetzt worden sind, also bis etwa 700 Fuſs unter den Spiegel des Meeres. Dort war die Wärme 18°,8 R., wonach also 78,5 Fuſs auf 1° R. kommen. Nach Hericart de Thury[1] hat das Wasser eines 67 Meter tiefen artesischen Brunnens bei Epinay 14° C., eines andern daselbst von 54 Metern Tiefe 13°,3, während ein 12 Meter tiefer Brunnen nur 11° C. zeigt. Diese Temperaturen als den Tiefen genau zukommend angenommen geben sehr nahe 56,4 F. Tiefe für 1° C. Wärmezunahme und die mittlere Temperatur der Oberfläche = 10°,34 C. Zu Rochelle, wo die mittlere Temperatur der Luft und des Bodens einander sehr gleich sind, zeigt ein 123,16 Meter tiefer artesischer Brunnen 18°,12 C., welches bei einer mittleren Temperatur von 11°,87 C. für 1° C. 19,71 Meter oder nahe 61 Fuſs giebt[2].

8) An diese schätzbaren Versuche lassen sich am besten die noch vorzüglicheren anreihen, welche von de la Rive und Marcet in einem artesischen Brunnen eine Lieue von Genf und 297 Fuſs über dem Spiegel des Sees angestellt wurden[3]. Der Umstand, daſs das Wasser in demselben nicht aufsteigen wollte, war der beabsichtigten Untersuchung ausnehmend günstig; auſserdem bedienten sie sich eines genau und zweckmäſsig construirten Register-Thermometers, und sie betrachten es als eine Folge dieser günstigen Bedingungen, verbunden mit der aufgewandten groſsen Sorgfalt, daſs als Resultat eine regelmäſsig mit der Tiefe wachsende Temperatur hervorging. Sie fanden

Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperat.
30 Fuſs	8°,4 R.	250 Fuſs	10°, R.	500 Fuſs	12°,2 R.
60 —	8,5 —	300 —	10,5 —	550 —	12,63 —
100 —	8,8 —	350 —	10,9 —	600 —	13,05 —
150 —	9,2 —	400 —	11,37 —	650 —	13,50 —
200 —	9,5 —	450 —	11,73 —	680 —	13,80 —

1 Globe 1828. Mars 26.

2 Férussac Bullet. des Sc. natur. 1830. Avril.

3 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève. T. VI. P. II. p. 503. Bibl. univ. 1834. Mai. p. 30. Edinb. New Phil. Journ. XXXVII. p. 143.

Digitized by Google

Hiernach beträgt im Mittel die Wärmevermehrung für 100 Fuſs Tiefe 0°,875 R. oder für 1° C. gehört eine Tiefe von 32,55 Meter = 98,5 Fuſs.

9) In Wien existirten im Jahre 1830 im Ganzen 41 artesische Brunnen, deren Tiefe, Ergiebigkeit und Temperatur aus v. JACQUIN's Untersuchungen[1] bekannt sind. Die Wärme des aus solchen Brunnen ausflieſsenden Wassers ist zwar ein nicht sehr zuverlässiges Mittel zur Erforschung der mit der Tiefe wachsenden Temperatur der Erde, inzwischen hat SPASKY[2] dennoch die Angabe von den nicht hepatischen Brunnen benutzt, um dieses Gesetz aufzufinden. Für 27 Quellen wurde die allgemeine Gleichung in Anwendung gebracht, wonach

$$T = A + ax$$

ist, worin T die gesuchte Temperatur, A die mittlere Wiens, a die Tiefe und x die Zunahme der Wärme für 1 Fuſs Tiefe bezeichnen. Weil aber die Menge des in 24 Stunden ausflieſsenden Wassers auf den gesuchten Werth einen Einfluſs hat, so wurde auch diese mit in den Calcül genommen, woraus die Gleichung hervorging $mT = mA + max$. Alle Gleichungen geben als Endresultat, wenn die mittlere Temperatur von Wien = 8°,2 R. angenommen wird,

A = 8°,0311, mittlerer Fehler 0°,08601,

x = 0,0117716, mittlerer Fehler 0,00065.

Hieraus folgt eine mit der Tiefe zunehmende Wärme von 85 Wiener Fuſs für 1° R. oder fast 27 Meter, also nahe 66 Fuſs für 1° C.

10) ALEXANDER v. HUMBOLDT, alle wissenschaftliche Forschungen lebhaft befördernd, veranlaſste im Jahre 1828, daſs in den verschiedenen Bergwerken des preuſsischen Staates Thermometer beobachtet wurden, die an trockenen Stellen in Bohrlöcher gesenkt und durch eine Umgebung von schlechten Wärmeleitern gegen äuſsere Einflüsse möglichst gesichert waren. Die Absicht hierbei war nicht bloſs, das Gesetz der Wärmezunahme mit der Tiefe bestimmt zu ermitteln, sondern zugleich durch die Menge der gewählten Puncte und die Ungleichheit der Oertlichkeiten den Einfluſs äuſserer Bedingungen bestimmter kennen zu lernen, um den Grad der Genauigkeit

1 Wiener Zeitschrift. VIII. 258.
2 Poggendorff Ann. XXXI. 365.

besser zu würdigen, welchen man Messungen dieser Art beilegen darf. Eine ausführliche Angabe der Art, wie diese Versuche angestellt wurden, und der durch sie erhaltenen Resultate, wie Gerhard[1] sie mitgetheilt hat, würde hier am unrechten Orte seyn, um so mehr, als aus ihnen keineswegs ein bestimmtes Gesetz, dagegen aber die Gewifsheit hervorgeht, dafs auf diesem Wege ein solches wegen Unvermeidlichkeit der aus örtlichen Einflüssen entstehenden Fehler nicht zu erlangen ist, insbesondere weil die wechselnde Temperatur der umgebenden Luft auch in bedeutenden Tiefen auf die so vorgerichteten Thermometer noch immer einen bedeutenden Einflufs ausübt. Unter den 11 Beobachtungsreihen ist 60 Par. Fufs die geringste, 2323 Fufs aber die gröfste Tiefe, welche der Wärmevermehrung um 1° R. zugehört; der Unterschied zwischen diesen beiden Resultaten ist aber so grofs, dafs es sich in der That nicht der Mühe lohnt, das arithmetische Mittel aus allen aufzusuchen. Inzwischen haben diese Beobachtungen zu einigen interessanten und für das Problem selbst wichtigen Bemerkungen Veranlassung gegeben. Zuerst zeigten die nahe unter der Oberfläche der Erde befindlichen Thermometer in einigen Fällen eine etwas höhere Temperatur, als die mittlere des Ortes, im Ganzen aber ergab sich, dafs zwischen dem 50. und 51,5. Grade N. B. und 763 Fufs über dem Niveau des Meeres in 32 F. Tiefe unter der Erdoberfläche die mittlere Temperatur 6°,545 R. oder 8°,181 C. betrage; auch stimmten die Messungen mit der Annahme überein, dafs die Temperatur für 600 Fufs Höhe um 1° R. abnehme. Unter andern wurde die mittlere Temperatur zu Siegen, etwa zwei Meilen vom Stahlberge, im Jahre 1829 aus 2190 Beobachtungen = 6°,35 R. gefunden, sie müfste also auf dem Stahlberge in 1295 Fufs Höhe = 5°,434 seyn, wurde aber in 32 Fufs Tiefe = 5°,84 gefunden, welches nur einen Unterschied von 0°,406 R. giebt. Nimmt man die oben angegebene mittlere Temperatur von 6°,545 R. als richtig an und corrigirt diese für die Höhe, so betrüge sie auf dem Stahlberge 5°,658 und gäbe nur einen Unterschied von 0°,224 R. Hierbei ist jedoch nicht in Anschlag gebracht, dafs die mittlere Temperatur des Jahres 1829 in ganz Deutschland geringer war, als in andern Jahren,

1 Poggendorff Ann. XXII. 497.

indem namentlich hier in Heidelberg die mittlere Temperatur dieses Jahres aus Beobachtungen um 9 Uhr Morgens und Abends = 6°,421 R. von dem Mittel aus 18 Jahren = 8°,008 um 1°,587 R. abweicht.

11) Das gröfste Verdienst um die Aufhellung des wichtigen Problems hat sich das kön. sächs. Oberbergamt dadurch erworben, dafs es den in Versuchen dieser Art vorzugsweise geübten F. Reich beauftragte, eine Reihe Beobachtungen in den Schachten der Freiberger Gruben anzustellen, und die erforderlichen Mittel hierzu freigebig verwilligte. Die ausgedehnten Untersuchungen wurden in den Jahren 1830 bis 1832 angestellt und sind nebst den erhaltenen Resultaten zur Freude und Belehrung aller Freunde dieses interessanten Zweiges der Naturforschung ausführlich beschrieben worden[1]. Die gebrauchten Thermometer wurden vorher genau geprüft, ihre Scalen durch Rechnung berichtigt, nach dem Gebrauche wieder nachgesehn und dürfen hiernach bis auf eine Fehlergrenze von nicht mehr als 0°,05 C. für richtig gelten; sie steckten bis an die Scale in messingnen, unten mit einem Korke verschlossenen Röhren und diese wurden, nebst den Bohrlöchern, nach dem Einsenken mit losem Sande bis obenhin angefüllt. Man war darauf bedacht, zu oberst ein Thermometer in die Erdoberfläche, aber in festes Gestein, einzusenken, das tiefste so viel als thunlich vertical unter demselben und dazwischen noch ein oder zwei andere, sämmtlich in trockne Bohrlöcher, die

---

1 Beobachtungen über die Temperatur des Gesteins in verschiedenen Tiefen in d. Gruben d. Sächs. Erzgebirges u. s. w. von F. Reich. Freib. 1834. In diesem Werke findet sich S. 138 eine sehr vollständige Uebersicht der bisherigen Messungen dieser Art, woraus ich folgende Angaben entnehme. Kircher Mund. subterr. 1664. T. II. p. 184 erfuhr von den Bergleuten in Freiberg, dafs in der Tiefe trockner Gruben eine gröfsere Wärme herrsche. Boerhave in Chemia. Lugd. Bat. 1732. 4. T. I. p. 479 sagt, man wisse aus Beobachtungen, dafs die Wärme mit der Tiefe zunehme, und auch Boyle in Tract. de temperie subterran. regionum erwähnt unbestimmte Beobachtungen über die mit der Tiefe zunehmende Temperatur. Diese Angaben sind die ältesten bisher aufgefundenen; zu den spätern gehören die Beobachtungen von Freiesleben zu Clausthal, in v. Zach Mon. Corr. IX. S. 354, von Müller zu Palmbaum bei Marienberg, ebend., und von Lampadius zu Freiberg, in: Grundrifs der Atmosphärologie. S. 17.

nach allen Seiten wenigstens 40 Zoll von der Gesteinoberfläche abstanden. Die Wahl eines schicklichen Ortes für das obere Thermometer war schwierig, die Anbringung des untersten senkrecht unter demselben im strengsten Sinne genommen unmöglich, jedoch kam man der Erreichung dieser Aufgabe möglichst nahe. Die oberen Thermometer wurden in der Regel wöchentlich dreimal, die tiefen zweimal abgelesen, was bei der langsamen Aenderung der Temperatur solcher Orte zur Erhaltung eines richtigen Mittelwerthes sicher genügt. Aus einer vorläufigen Berechnung fand sich, dafs im Mittel 100 Meter Tiefe eine Vermehrung der Temperatur von 2°,245 C. gaben, einer Erhebung von 100 Meter über die Oberfläche der Erde aber 0°,502 C. Wärmeabnahme zugehöre, vermittelst welcher Gröfsen die etliche Meter unter der Erdoberfläche beobachteten Temperaturen auf die der Oberfläche selbst reducirt wurden, bei den tieferen Thermometern zeigte sich ein unverkennbarer Einflufs des Wetterzuges, inzwischen hatte man für die möglichst vollständige Absperrung des letzteren gesorgt, ohne dafs es jedoch thunlich war, dieses Hindernifs gänzlich zu beseitigen, wie sich aus den einzelnen Beobachtungsreihen ergab, bei denen ein gröfserer oder geringerer Wechsel der Temperatur in Folge dieser äufseren Einflüsse zum Vorschein kam. Zur Würdigung der erhaltenen Resultate verdient noch bemerkt zu werden, dafs bei einigen der tieferen Thermometer der bald nach dem Einsenken beobachtete Stand völlig unverändert blieb, z. B. bei dem im Georg Stollen in 140,7 Meter Tiefe befindlichen, bei einer Meereshöhe des Ortes von 674,9 Meter, welches blofs im October 1830 einen etwas höheren Stand von 9°,37 C. zeigte, nachher in den folgenden 26 Monaten sich aber constant auf 9°,32 erhielt. Sehr zweckmäfsig waren an verschiedenen Puncten neben den in die Felsen eingesenkten Thermometern noch ein äufseres, dem Einflusse der Luft ausgesetztes aufgehangen, um aus der Vergleichung beider die Gröfse der äufseren Einflüsse auf das Hauptthermometer annähernd zu bestimmen.

Um aus den zahlreichen Beobachtungen die gesuchten Resultate zu erhalten, war zuerst erforderlich, die mit der Höhe über dem Meeresspiegel abnehmende Temperatur vermittelst der nahe unter der Oberfläche eingesenkten Thermometer auszumitteln. Heifst demnach h die Höhe in Metern und d die

Temperaturdifferenz der einzelnen Stationen, so giebt $\frac{100\,d}{h}$ die aus den Beobachtungen hervorgehende, für 100 Meter gehörige Verminderung der Temperatur. Reich combinirte von den neun Beobachtungspuncten je zwei, und da die hieraus erhaltenen 36 Combinationen einen desto gröfseren Werth haben, je gröfser der Höhenunterschied ist, so gab die Formel

$$\frac{\Sigma . h^2 \frac{100\,d}{h}}{\Sigma . h^2} = \frac{\Sigma . 100\,d\,h}{\Sigma . h^2}$$

den wahrscheinlich genauesten Werth von 0°,517 C. für 100 Meter Höhenzunahme oder 193,4 Meter Höhe für 1° C. Temperaturverminderung. Heifst dann die mittlere Temperatur der Erdkruste unter jener Breite a, die zu einem Meter Höhe gehörige Abnahme m, so ist die der gegebenen Höhe zugehörige Temperatur $t = a - mh$ und also nach dem gefundenen Werthe von $m = 0{,}00517$ ist $a = t + 0{,}00517\,h$. Die 9 Resultate der Beobachtungen, unter denen 9°,36 das Minimum und 10°,59 das Maximum ist, geben im Mittel die Temperatur des Bodens = 10°,22 C. Es möge des Zusammenhanges wegen hier auch erwähnt werden, dafs Reich diese gefundene Gröfse zugleich mit der Lufttemperatur der gegebenen Orte verglichen hat. An drei Orten wurde aufser den Messungen der Temperatur der Erdoberfläche auch die der Luft gemessen, woraus unzweideutig hervorging, dafs die erstere höher ist als die letztere. Zur Bestimmung der Lufttemperatur dienten Beobachtungen zu Dresden, Freiberg, Altenberg, Markus-Röhling Grube und Johanngeorgenstadt, aus deren Vergleichung mittelst Anwendung der angegebenen Formel hervorgeht, dafs für 100 Meter Höhendifferenz eine Verminderung der Temperatur von 0°,574 C. oder für eine Wärmeabnahme von 1° C. eine Höhenzunahme von 174,2 Meter gehören.

Soll die mit der Tiefe wachsende Temperatur aus den Messungen gefunden werden, und ist für dieselbe Grube die Höhe über der Meeresfläche der oberen Station H_1, der unteren H_2, die an diesen gemessene Temperatur in Centesimalgraden T_1 und T_2 und x die 100 Metern Tiefe zugehörige Temperaturzunahme, so ist

Digitized by Google

$$x = \frac{100(T_2 - T_1)}{H_1 - H_2}.$$

Inzwischen sind die aus den einzelnen Beobachtungsreihen erhaltenen mittleren Resultate nicht alle von gleichem Werthe, vielmehr wächst ihr Gewicht mit ihrer längeren Dauer und der Abwesenheit störender Einflüsse. Unmöglich kann jedoch das Gewicht eines erhaltenen Resultates der Dauer der Beobachtungszeit direct proportional gesetzt werden, aber es läſst sich kein triftiges Argument gegen die von Reich selbst nur als solche betrachtete willkürliche Bestimmung vorbringen, wenn er das Gewicht der vierten Wurzel der Zeitdauer proportional setzt. Die störenden Einflüsse lassen sich nicht füglich bestimmt weder auffinden noch corrigiren, und es giebt daher die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande des in der Tiefe beobachteten Thermometers den einzigen Anhaltpunct, um auf solche störende Einwirkungen mit Wahrscheinlichkeit zu schlieſsen. Da jedoch dieser Differenz ein zu groſser Werth beigelegt werden würde, wenn man sie ganz in Rechnung nehmen wollte, so setzt Reich ihren Einfluſs der Quadratwurzel aus ihrer Gröſse umgekehrt proportional. Sind dann zwei tiefer gelegene Puncte zu vergleichen, so werden dia Quadratwurzeln aus ihren Unterschieden summirt, für die oberen Puncte, bei denen die Unterschiede nicht für bedeutend gelten können, wird statt dessen der Unterschied der beobachteten und der berechneten Temperatur gewählt, und wenn die Temperatur der Oberfläche nicht beobachtet, sondern nur berechnet ist, so wird der für diese Bestimmung gefundene wahrscheinliche Fehler $= 0^\circ,112$ C. substituirt. Heiſst dann der Werth eines Resultates P, die Zeitdauer der Beobachtungen in Monaten τ, die Höhe in Metern H_1 und H_2, die Differenz zwischen dem beobachteten Maximum und Minimum in Centesimalgraden für den oberen Punct D_1, für den unteren D_2, so ist

$$P = \frac{(H_1 - H_2)\sqrt[4]{\tau}}{\sqrt{D_1} + \sqrt{D_2}}.$$

Die sämmtlichen Resultate, hiernach berechnet, geben

$$\frac{\Sigma . P^2 x}{\Sigma . P^2} = 2^\circ,390 \text{ C.},$$

als Wärmezunahme für 100 Meter Tiefe, oder 41,84 Meter

= 128,89 Par. Fuſs Tiefe für 1° Cent. Wärmezunahme. Dieses Resultat kann in Folge störender Einflüsse zu groſs oder zu gering seyn, worüber zwar nicht mit Sicherheit zu entscheiden ist, die Prüfung der obwaltenden Bedingungen führt jedoch zu der Vermuthung, daſs es eher zu gering als zu groſs seyn dürfte, da die eine Erkaltung der tieferen Felsen herbeiführenden Ursachen in überwiegender Zahl und von verhältniſsmäſsig gröſserem Einflusse vorhanden sind.

12) Diese Untersuchungen sind hier theils wegen ihrer Wichtigkeit, theils darum, weil die dabei befolgte Methode auch für ähnliche Fälle als Regel dienen kann, ausführlich mitgetheilt worden. Auſser dieser benutzte Reich noch eine andere zur Beantwortung der vorliegenden Frage dienende Gelegenheit, die zur Aufhellung des schwierigen Problems von groſsem Werthe ist. In einer Grube unweit Freiberg war vor etwas mehr als zwei Jahren Wasser erschroten, dieses aber durch Verspündung abgesperrt worden, so daſs es einen Druck von 18 Atmosphären ausübte, und da dennoch nur wenig Wasser durchdrang, so muſste das eingeschlossene nothwendig die Temperatur des unteren Gesteins angenommen haben. Auſserdem war die Wärme desselben bald nach der Absperrung gemessen worden, und es ergab sich dann nach einer Vergleichung des hierbei und bei den späteren Messungen gebrauchten Thermometers, daſs sich die Temperatur desselben im Verlauf von zwei Jahren nicht merklich geändert hatte. Die Tiefe des Wasserbehälters unter der Erdoberfläche betrug 279,7 Meter, die Höhe der letzteren über dem Meere 416 Meter, wofür eine mittlere Temperatur von 8°,07 C. berechnet wurde. Die Temperatur des Wassers war 16°,44 C., mithin der Unterschied 8°,37 C., welches für 100 Meter 2°,99 C. Wärmezunahme oder für 1° C. 33,4 Meter = 102,3 Fuſs giebt, letztere Gröſse beträchtlich kleiner als die oben gefundene.

13) Höchst interessante und wichtige Resultate haben die Messungen gegeben, welche Phillips[1] in einem neu angelegten Schachte zu Newcastle unter 54° 55′ N. B. angestellt hat. In der Tiefe desselben konnte durch Arbeiter und Grubenlichter noch keine höhere Wärme erzeugt worden seyn, vielmehr

---

1 London and Edinb. Phil. Magaz. N. XXX. p. 446. Poggendorff XXXIV. 191.

Digitized by Google

war der Zug der Wetter so stark, dafs selbst das in Menge aus den Kohlen aufsteigende Kohlenwasserstoffgas unschädlich wurde, von chemischen Zersetzungen zeigte sich keine Spur, und wenn die störenden Bedingungen einen Einflufs äufserten, so konnte dieser nur in einer Verminderung der Temperatur bestehn. Alle im Einzelnen angegebene Umstände führen jedoch zu dem Resultate, dafs die gemessene Temperatur bis auf einen unmerklichen Fehler genau diejenige der untersuchten Schichten war. Die ganze Tiefe des Schachtes beträgt 1584 engl. Fufs, die Oeffnung desselben liegt 87 Fufs über dem mittleren Spiegel des Meeres, mithin befindet sich die Kohlenschicht 1497 Fufs unter dem Niveau des Meeres. Phillips nimmt an, dafs die Temperatur in der oberen Schicht von 100 Fufs sich nicht ändere, und da die mittlere Temperatur jenes Ortes 47°,6 F. beträgt, am tiefsten Puncte aber 72°,6 gemessen wurden, so giebt dieses für 1484 Fufs 25° F. oder 59,35 Fufs Tiefe für 1° F. Wärmezunahme, welches sehr nahe 100 Par. Fufs für 1° C. beträgt. Da man aber gewöhnlich von der Oberfläche an zu messen pflegt, abgerechnet, dafs eigentlich die Temperatur des Bodens und nicht die mittlere Temperatur der Luft in Rechnung genommen werden müfste, so geben 1584 engl. Fufs Tiefe für 25° F. Temperaturunterschied 63,4 engl. Fufs Tiefe für 1° F. oder sehr nahe 107 Par. F. Tiefe für 1° C. Wärmezunahme.

14) Kupffer[1] untersuchte bei seiner Reise nach dem Ural in Gemeinschaft mit A. Erman die Temperatur in den Turinskischen Kupfergruben unweit Bogoslowsk und fand in 112 Meter Tiefe 5° R. In den Frolow'schen Gruben, nicht weit von jenen entfernt, hatten die Grubenwasser, welche den tiefsten Theil erfüllten, zum Beweise, dafs dort lange nicht gearbeitet worden war, in 65 Meter 3°,2 R. Wärme, eine Quelle aber, welche in 56 Meter Tiefe hervorbrach, zeigte 2°,7 R. Wenn man, anstatt das Mittel aus beiden zu nehmen, die Summe der Tiefenunterschiede durch die Summe der Temperaturdifferenzen dividirt, so erhält man für 1° R. eine Zunahme der Tiefe von 24,4 Meter, also für 1° C. 19,52 Meter oder sehr nahe 60 Fufs.

1 Poggendorff Ann. XV. 170.

Digitized by Google

15) Zu den neuesten Resultaten gehört[1], dafs in einem Bohrloche, welches zu Paris für einen artesischen Brunnen niedergesenkt wurde, mittelst eines Maximum-Thermometers am 20. Dec. 1835 in 248 Meter Tiefe 20°,0 C. und am 15. Mai 1836 in 298 Meter Tiefe 22°,2 C. gemessen wurden. Der Unterschied beider giebt für 1° C. Wärmezunahme eine Vermehrung der Tiefe von 23 Meter, die letzte Beobachtung allein aber, wenn 10°,6 als mittlere Temperatur der Erdoberfläche zu Paris angenommen werden[2], giebt eine Tiefe von 26 Meter. Die Wärme scheint daher mit der Tiefe zu wachsen, oder man müfste mit Arago annehmen, dafs die Masse des Bohrgestänges auf die Wärme des Bohrloches einen Einflufs ausübe und dafs durch das stete Auf- und Niedersteigen desselben der Bohrschlamm durch einander gemengt werde, sonstige Fehler der Messung nicht gerechnet. Man mufs jedoch berücksichtigen, dafs die oberen Erdschichten durch die eindringenden atmosphärischen Wasser bereits stärker abgekühlt seyn konnten und daher nicht sofort eine Vermehrung der Temperatur zeigten. In einem andern Bohrloche zu Paris mafs Walferdin[3] in 400 Meter Tiefe vermittelst eines gut eingerichteten registrirenden Thermometers in wiederholten Versuchen im Mittel 23°,75 C., welches mit der mittleren Bodentemperatur zu Paris verglichen 23°,75 — 10°,6 = 13°,15 C. für 400 Meter oder mit der constanten unter der Sternwarte 23°,75 — 11°,7 = 12°,05 für 372 Meter, also im ersten Falle 30,42, im zweiten 30,87 Meter Tiefe für 1° C. giebt. Zu St. Ouen[4] unweit Paris zeigt eine aus 66 Meter Tiefe aufspringende Quelle 12°,9 C., welches mit der Temperatur in den Kellern der Sternwarte 28 Meter tief verglichen für 66 — 28 = 38 Meter Tiefe 12°,9 — 11°,834 = 1°,066 C. giebt oder 35,64 Meter = 109,8 Fufs für 1° C. Eine Reihe von Messungen in 15 Bohrlöchern unweit Lille, unter 50° 39′ N. B. angestellt, kennen wir nur durch Poisson[5], welchem Arago

1 Poggendorff Ann. XXXVIII. 415.

2 Es werden auch 10°,81 angenommen. S. die unten mitgetheilte Tabelle.

3 L'Institut 1837. N. 216. p. 206. Die Wärme unter der Sternwarte wird hierbei nur = 11°,7 angenommen.

4 Annuaire du Bureau des Long. 1835. p. 235.

5 Théorie mathem. de la Chaleur. Par. 1835. 4. p. 420.

Digitized by Google

die Resultate ohne weitere Auskunft, wie sie gefunden wurden, mittheilte. Aus der Summe der sämmtlichen Werthe findet POISSON mit Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate 25,459 Meter oder 78,3 Par. Fuſs für 1° C.

16) Es scheint mir unnöthig, die nicht geringe Zahl der mitgetheilten Resultate noch zu vermehren, wie durch weiteres Aufsuchen wohl geschehn könnte, obgleich von den bis jetzt bekannt gewordenen wichtigern wohl keins übergangen seyn wird; dagegen liegt die wichtige Aufgabe vor, das Gesetz der mit der Tiefe wachsenden Temperatur aus den gegebenen Messungen mit der erforderlichen Genauigkeit aufzufinden, um hieraus wenigstens annähernd zu folgern, in welcher Tiefe unter der Erdoberfläche oder in welchem Abstande vom Mittelpuncte der Erde noch gegenwärtig Glühhitze herrscht. Verschiedene Gelehrte haben diese Frage bereits beantwortet, namentlich CORDIER, HENWOOD und Andere, wie bereits oben erwähnt worden ist, indem sie einige der vorzüglichern Bestimmungen vereinten und daraus einen mittleren Werth als annähernd genau aufsuchten. Man bediente sich hierbei der Formel

$$T = t + \beta x,$$

worin T die Temperatur in der Tiefe, t die mittlere des Bodens an dem jedesmaligen Orte, x die gegebene Tiefe in irgend einem Längenmaſs und β den Coefficienten für die gebrauchte Thermometerscale bezeichnet, welcher angiebt, um den wievielsten Theil eines Grades die Temperatur für die Einheit des gebrauchten Maſses, also 1 Fuſs oder 1 Meter u. s. w., mit der Tiefe wächst, wobei POISSON als Bedingung annimmt, daſs die Gröſse x mehr als 20 Meter betrage. Aus dem Werthe von β läſst sich demnächst die Tiefe finden, in welcher die Wärme um 1° der gebrauchten Thermometerscale wächst, wie sich denn von selbst ergiebt, daſs man aus bekannten Werthen von t, β und x die der Tiefe zugehörige Temperatur finden könne, umgekehrt aber kann auch durch bekannte Werthe von T, β und x die Bodentemperatur t gefunden werden, welches Mittel jedoch unsicherer ist, als andere, deren man sich für diesen Zweck zu bedienen pflegt. KUPFFER[1] macht

1 Poggendorff Ann. XXXII. 285.

Digitized by Google

folgende Zusammenstellung. Es geben für 1° R. eine Zunahme der Tiefe:

seine eigenen Beobachtungen am Ural . . .	24,8 Meter
die Beobachtungen in den Gruben von Cornwallis, Sachsen und Frankreich	26,9 —
die artesischen Brunnen Wiens	25,4 —
die artesischen Brunnen bei Rochelle . . .	24,6 —
die artesischen Brunnen von Epinay . . .	22,9 —
die Beobachtungen von Fox, Moyle und Barham in den Gruben bei Falmouth . .	30,2 —
andere Beobachtungen von Fox	28,0 —

Werden die ersten drei Werthe, deren Gewichte bekannt sind, jeder mit seinem Gewichte multiplicirt und dividirt man die Summe dieser Producte durch die Summe der Gewichte, so erhält man 25,37 Meter für 1° R.

17) Vorzüglich hat G. Bischof die Temperatur-Verhältnisse der Erde zum Gegenstande mehrjähriger Untersuchungen gemacht und demnach auch die Resultate der bisherigen Versuche über die Zunahme der Wärme im Innern der Erde zusammengestellt[1]. Vor allen Dingen macht er bemerklich, dafs die Configuration der Erdoberfläche bei diesen Messungen berücksichtigt werden müsse, wovon sogleich ausführlicher gehandelt werden soll. Hiernach mufs auf Bergen die Temperatur mit der Tiefe langsamer, in Ebenen und eingeschlossenen Thälern aber schneller zunehmen. Es dürfen daher die Resultate, welche Reich in dem eingeschlossenen Wasser im Erzgebirge und welche Phillips neuerdings zu Newcastle erhielt, wovon jenes 128,5 und dieses 125,4 Fufs Tiefe für 1° R. giebt, als normale Bestimmungen für Berge, dagegen aber diejenigen, welche im artesischen Brunnen unweit Genf, im eingeschlossenen Wasser zu Cornwallis, in unterirdischen Quellen ebendaselbst und im Bohrloche zu Rüdersdorf erhalten wurden, nämlich 114,8; 111; 115 und 114 Fufs für 1° R., als normale Bestimmungen für Ebenen oder eingeschlossene Thäler gelten[2]. Eine zweite Bedingung, welche bei dieser

1 Poggendorff Ann. XXXV. 209.

2 Es läfst sich hiergegen einwenden, dafs Newcastle in der Ebene und die Mündung des Schachtes nur 87 engl. Fufs über dem Meeresspiegel liegt.

Digitized by Google

Aufgabe sehr beachtet zu werden verdient, ist die Tiefe der Erdkruste, von der Oberfläche an gerechnet, bis zu welcher die Wirkungen der äufseren Temperaturveränderungen eindringen, indem diese unter den verschiedenen Breitengraden sehr ungleich ist. Auch hierüber mufs weiter unten ausführlicher geredet werden.

18) Auch Poisson[1] hat in seiner mathematischen Theorie der Wärme die Temperaturerhöhung in der Tiefe zum Gegenstande der Untersuchung gemacht. Da die Thatsache einmal anerkannt ist, so müssen die Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate vereint die Werthe t und β in der oben mitgetheilten Formel geben, und wenn diese einmal bestimmt sind, so können durch wiederholte Messungen an demselben Orte die jährlichen und auch die seculären Schwankungen dieser Temperatur ermittelt werden, eine interessante Aufgabe, deren Lösung der beharrliche Eifer der Physiker künftig vielleicht gewähren wird. Die Gröfse t, die man Bodentemperatur zu nennen pflegt, übertrifft die von den Luftströmungen hauptsächlich abhängende der Orte um eine Kleinigkeit. Zur Bestimmung der beiden Gröfsen benutzt Poisson die bereits beschriebenen Versuche von Marcet und de la Rive unweit Genf und erhält daraus $t = 10^{\circ},14$ und $\beta = 0^{\circ},0307$, welches dann eine Tiefe von 32,55 Meter (100,02 Fufs) für 1° C. giebt. Bei der Betrachtung des durch Arago gemachten Vorschlages, die Gröfsen t und β aus der Temperatur des Wassers artesischer Brunnen zu bestimmen, äufsert Poisson eine in Beziehung auf den Ursprung der *Quellen* überhaupt wichtige Hypothese. Man nimmt allgemein an, dafs das Wasser der artesischen Brunnen, an höher liegenden Orten von der Erde aufgenommen und in wasserdichten Lagen von Steinen oder Erde fortgeführt, nach Durchbohrung dieser Schichten in Folge hydrostatischer Gesetze ausfliefse[2]. Poisson findet diese Hypothese in vielen Fällen unwahrscheinlich und nimmt statt dessen an, es gebe unterirdische Wasserbehälter, deren Decke nicht absolut unbiegsam sey, sich vielmehr zusammenziehn und durch den somit erzeugten Druck

1 Théorie mathématique de la Chaleur. Par. 1835. 4. p. 415. Im Auszuge in Bibl. univ. 1835. T. LX. p. 279. 415.

2 Vergl. *Quellen, artesische.* Bd. VII. S. 1054.

Digitized by Google

das Wasser aufsteigen mache. POGGENDORFF[1] zeigt jedoch mit Recht, dafs diese auch von andern Gelehrten, namentlich neuerdings von MARCEL DE SERRES[2], geäufserte Hypothese mit der langen Dauer des Fliefsens solcher Brunnen und den im Wasser derselben gefundenen Thieren, Muscheln und frischen vegetabilischen Körpern durchaus unverträglich sey. Man kann als unübersteigliches Hindernifs noch ferner anführen, dafs so viele artesische Brunnen nicht überfliefsen, wohl aber sich stets bis zu einer gewissen Höhe erhalten, wie viel Wasser auch durch Auspumpen weggenommen werden mag. Auf jeden Fall mufs aber das hinlänglich lange Zeit in den tieferen Räumen mit den dortigen Schichten in Berührung gestandene Wasser die Temperatur der Umgebung angenommen haben und diese auch beim Aufsteigen nicht merklich ändern. POISSON benutzt dann zur Bestimmung des Werthes von β die Temperatur eines artesischen Brunnens zu Saint-Ouen bei Paris, welcher aus einer Tiefe von 66 Meter springend 12°,9 C. zeigt. Diese Wärme, mit der in den Kellern unter der Sternwarte = 11°,834 verglichen, giebt für 38 Meter einen Unterschied = 1°,066, also β = 0°,0281 und für 1° C. 35,65 Meter (109,7 Fufs). Die erwähnten 15 Brunnen bei Lille geben für die gröfseren Tiefen höhere Temperaturen. Alle vereint und nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet geben t = 10°,405 und β = 0°,0393, wonach für 1° Temperaturzunahme 25,459 Meter (78,37 Fufs) Tiefe gehört. Die drei Werthe 0°,0393 für Lille, 0°,0307 für Genf und 0°,0281 für Paris weichen bedeutend von einander ab, welches weder vom Unterschiede der geographischen Breite, noch von der Erhebung über der Meeresfläche herrühren kann, sondern in der Ungleichheit des Terrains begründet seyn soll. Von dem Resultate der neuesten Bohrung in Paris, die dem Plane nach bis zu einer bedeutenden Tiefe fortgesetzt werden soll, hat ARAGO[3] eine kurze Notiz mitgetheilt. Man ist jetzt bis zu 1230 Fufs gekommen und hat in dieser Tiefe mit 4 Register-Thermometern gemessen, die alle ein nur unmerklich von einander abweichendes Resultat gaben. Die Temperatur in dieser Tiefe war

1 Annalen der Physik und Chemie. Th. XXXVIII. S. 602.
2 L'Institut. 1836. N. 91. p. 48.
3 Edinburgh New Philos. Journ. N. XLVII. p. 224.

= 23°,5 C., und wenn hiervon die mittlere Temperatur in Paris = 10°,6 abgezogen wird, so bleiben 12°,9, wonach für 1° C. 95,4 Par. Fufs gehören.

19) Bevor es räthlich ist, zu versuchen, aus den sämmtlichen mitgetheilten Messungen das Gesetz der mit der Tiefe zunehmenden Erdtemperatur zu entnehmen, oder nur zu versuchen, ob und wie weit sich ein solches daraus auffinden lasse, mufs nothwendig erst die über die Erdwärme im Allgemeinen zulässige Hypothese näher erörtert werden. Eine solche ist bereits aufgestellt worden[1], man könnte sie die *Büffon'sche* nennen, und sie hat neuerdings in Laplace und Fourier so gewiegte Vertreter gefunden, dafs bei weitem die Mehrzahl der Physiker und Geologen zu ihr übergegangen ist. Hiernach war die Erde ursprünglich in einem feurig flüssigen Zustande, ist blofs auf der Oberfläche durch Oxydation der metallischen Bestandtheile umgewandelt worden und erkaltet, die inneren, durch diese dicke Kruste geschützten Theile haben aber die Glühhitze beibehalten. Gegen diese, vorzüglich durch Cordier weiter ausgeführte, mit den magnetischen Verhältnissen der Erde neuerdings in den innigsten Zusammenhang gebrachte Hypothese hat sich jüngstens Poisson[2] erklärt, und lassen sich gleich die von ihm gemachten Einwendungen ohne Mittheilung des Calcüls, wodurch er sie zu begründen sucht, nicht vollständig würdigen, was jedoch hier zu viel Raum erfordern würde, so darf doch die neue, von ihm aufgestellte Theorie nicht ganz übergangen werden. Es scheint mir, als sey es überhaupt noch zu früh, wenn nicht wegen der Unmöglichkeit eines zu hoffenden Resultates ganz unnütz, auf das vorliegende Problem auf solche Weise den Calcül anzuwenden, als dieses durch Fourier und Poisson geschehn ist, indem beide das Verhältnifs der statt gefundenen Abkühlung während der hierzu gegebenen Zeit nach den Gesetzen der Wärmeleitung auf die Erde anwenden, ohne dafs vorher ausgemacht worden ist, ob die grofse Masse des auf der Erdoberfläche befindlichen Wassers ursprünglich vorhanden war und was

---

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 983. Vergl. *Geologie*. Bd. IV. S. 1245. 1279.

2 Théorie mathématique de la Chaleur. p. 421. Vergl. den nachfolgenden Art. und darin Poisson's Theorie.

Digitized by Google

für Veränderungen im entgegengesetzten Falle dessen Hinzukommen hervorrufen musste; ja es ist selbst noch nicht einmal hinlänglich erwiesen, ob die Erde eine stete, wenn auch in Jahrhunderten kaum merkliche Verminderung ihrer ursprünglichen gröſseren Wärme dadurch erleidet, daſs sie dem Weltraume oder andern Himmelskörpern abgiebt, oder ob die Menge ihres eigenthümlichen Wärmestoffes, mindestens in der jetzigen Periode des Gleichgewichts, unveränderlich dieselbe bleibt. Da es unmöglich ist, die Entscheidung dieser Probleme aus der Erfahrung zu entnehmen, so muſs sie so lange anstehn, bis die Theorie der Wärme vollständig begründet worden seyn wird, um hieraus die Beantwortung dieser Fragen zu entnehmen[1]. Wollte man mit Fourier[2] annehmen, die Oberfläche der Erde habe sich allmälig abgekühlt, so müſste nach Poisson durch Jahrhunderte von einander entfernte Messungen ausgemittelt worden seyn, welcher Temperaturunterschied der Bodentemperatur und der mittleren Lufttemperatur an einem gegebenen Orte früher statt gefunden habe, um hieraus die Gröſse der Abkühlung in einer gegebenen Zeit, oder die Zeit, welche seit dem Zustande der Glühhitze bis zur Herbeiführung der gegenwärtig bestehenden Verhältnisse verflossen sey, durch Rechnung zu bestimmen, und dennoch sey auch dann noch nicht ausgemittelt, ob das hiernach aufgefundene Gesetz auch auf andere Orte Anwendung leide, weil das Wärmeleitungsvermögen der verschiedenen Fossilien hierfür noch keineswegs gehörig bestimmt ist. Nähme die Wärme für 30 Meter Tiefe um 1° C. zu, so würde 0,01 vom Erdhalbmesser tief die Wärme schon 2000° C. übersteigen, obgleich man nicht wissen kann, ob die Wärme im einfachen arithmetischen Verhältnisse oder in einem zusammengesetzten wächst, welches ebensowohl gröſser als auch kleiner seyn könnte. Fände aber nur eine solche Zunahme der Temperatur statt, wie die bisherigen Messungen sie angeben, so würde die Hitze im Centrum 200000° C. übersteigen, was einen gasförmigen Zustand der daselbst befindlichen Substanzen voraussetzt und es unwahrscheinlich macht, daſs die Erdkruste so starke Cohäsion ausüben könnte, um jene inneren Substanzen bis zur

1 Vergl. unten Veränderungen der Temperatur.
2 Ann. Chim. et Phys. T. XIII. p. 425.

Digitized by Google

fünffachen Dichtigkeit des Wassers zusammenzudrücken. Die sphäroidische Gestalt und Abplattung der Planeten läfst jedoch auf einen ursprünglichen flüssigen Zustand schliefsen, aus welchem, vielleicht auch einem gasförmigen, die Erde nicht anders, als durch Abgeben eines Theils ihrer Wärme an ihre kältere Umgebung in den festen übergehn konnte. Poisson findet es aber der herrschenden Ansicht entgegen nicht wahrscheinlich, dafs das Festwerden von aufsen angefangen habe und nach innen fortgeschritten sey, vielmehr mufsten sich die erkalteten Theile herabsenken, erhitztere dagegen erheben, wodurch eine gleichmäfsige Wärme der ganzen Masse erzeugt wurde. Weiter aber mufsten die innersten Theile durch den enormen Druck zuerst fest werden. Denkt man sich eine Wassersäule von der Höhe des Erdhalbmessers und das Gewicht derselben der Hälfte desjenigen gleich, welches sie auf der Erdoberfläche hätte, so würde der ausgeübte Druck derselben mehr als 30 Millionen Atmosphären betragen, und wenn 1000 Atmosphären sein Volumen um $\frac{1}{20}$ vermindern, so würde hierdurch eine 30000mal so starke Compression erzeugt werden und hieraus selbst bei einer hohen Temperatur ein Uebergang in den Zustand der Festigkeit folgen. Man darf daher, meint Poisson, folgerechter annehmen, dafs das Festwerden vom Centrum angefangen habe und von hier an nach aufsen fortgeschritten sey. Die Erde könne also durch fortwährende Erkaltung bereits alle ihre überschüssige Wärme verloren haben und die mit der Tiefe zunehmende aus einer andern Quelle abzuleiten seyn.

Hier scheint mir Poisson, welcher übrigens nicht unbemerkt läfst, dafs man bei allen Hypothesen, die sich weder durch directe Erfahrung noch durch den Calcül begründen lassen, höchst vorsichtig seyn müsse, etwas zu leicht über die Gesetze der Wahrscheinlichkeit hinweggegangen zu seyn; denn angenommen, dafs die Festwerdung der Erde durch den enormen Druck von innen angefangen habe, so konnte doch damit unmöglich eine plötzliche Erstarrung und ein Uebergang zur jetzigen Temperatur der Oberfläche verbunden seyn. Es läfst sich dann allerdings die Unmöglichkeit einer bereits erfolgten gänzlichen Erstarrung nicht vollständig beweisen, da dieselbe jedoch auf jeden Fall von aufsen anfangen und allmälig bis zum Centrum fortschreiten mufste, weil die vorhandene Wärme nur

Digitized by Google

nach aufsen abgegeben werden konnte, so wäre zur völligen Entfernung aller überschüssigen Wärme nach den bekannten, namentlich durch Newton und Fourier erwiesenen Gesetzen der Wärmeleitung eine so übermäfsig grofse Zahl von Jahren erforderlich, dafs man sich gleichsam Gewalt anthun müfste, um diese wahrscheinlich zu finden, während auf jeden Fall der Rest der ursprünglichen Wärme nach dem Centrum hin gröfser bleiben mufste. Poisson nimmt statt dessen eine durch die Wärme der Sterne, namentlich der sonnenähnlichen Fixsterne, erzeugte Wärme des Raumes an, welcher durch die unermefsliche Zahl dieser Weltkörper in der Art ganz umschlossen ist, dafs jede von einem willkürlichen Puncte der Erde gezogene gerade Linie verlängert auf einen derselben treffen mufs. Da aber die Wärme dieser Sterne verschieden ist, so mufs auch ein ungleicher Einflufs auf die Erde statt finden, jenachdem sie bei der Bewegung des Sonnensystems im Raume dem einen oder dem anderen heifseren oder kälteren Fixsternsysteme näher kommt, und sie nimmt hiernach von aufsen nach innen an Temperatur zu oder ab, jenachdem das Eine oder das Andere statt findet, ohne dafs jedoch eine solche Erwärmung bis zum Centrum zu dringen vermag. Nach diesen Wechseln, die während einer Zeitdauer von Millionen Jahren statt finden können, mufs also die Erde früher an einem heifseren Orte des Weltraumes sich befunden, die Wärme bis zu einer gewissen Tiefe angenommen haben, und sie ist gegenwärtig im Zustande eines allmäligen, nach Jahrhunderten erst merkbaren Verlustes der früher aufgenommenen Wärme.

20) Es ist zwar unmöglich, diese Hypothese auf directe Weise genügend zu widerlegen, weil dieses ganz aufser dem Bereiche der Versuche liegt und selbst mehrere Tausende von Jahren umfassende Beobachtungen hierzu ungenügend seyn würden; sie wird aber dennoch weder bei Physikern noch viel weniger bei Geologen Beifall finden, da die Lösung des Problems einer einmaligen Erstarrung des Erdkörpers schon der Schwierigkeiten genug darbietet und man sich nicht geneigt fühlen kann, einen unbestimmbar vielfachen Wechsel der Schmelzung und Abkühlung anzunehmen. Wie bereits gesagt, mag man sich von der Art der Erkaltung der Erde eine Vorstellung machen, wie man immer wolle, den ursprünglich

Digitized by Google

feurig flüssigen Zustand einmal zugegeben, so mufste diese nothwendig von aufsen anfangend nach innen fortschreiten, und es ist dann ungleich einfacher, anzunehmen, dafs gegenwärtig noch ein Rest der früheren innern Wärme vorhanden sey, als dafs nach gänzlicher Erstarrung der durchaus willkürliche, durch keine Erfahrung begründete siderische Einflufs eine neue Erhitzung bewirkt habe, deren Folgen in der Zunahme der Temperatur beim tieferen Eindringen in die äufsere Kruste noch gegenwärtig wahrgenommen werde. Wenn für die letztere Ansicht gar keine Analogie beizubringen ist, so findet die erstere eine gewichtige Unterstützung in den zahllosen vulcanischen Ueberresten, die vor Jahrtausenden als feurig flüssige Massen aus dem Innern emporgetrieben wurden und allmälig an der Oberfläche, vielleicht mit dieser gleichzeitig, erkalteten. Poisson's Haupteinwurf gegen diese Ansicht beruht auf der Unmöglichkeit, dafs der Druck der Erdkruste die im Zustande der Dampfform befindlichen innersten Theile des Erdballs zusammenzuhalten vermögen sollte, wenn die Wärme in dem durch Erfahrung aufgefundenen einfachen Verhältnisse bis zum Centrum zunähme, allein dieses ist gar nicht erwiesen, im Gegentheil sogar unwahrscheinlich, wo nicht unmöglich, indem vielmehr uranfänglich, falls ein solcher Zustand statt gefunden hätte, die elastischen Dämpfe nach Poisson's eigener Ansicht nach der Oberfläche aufsteigen und daselbst so weit erkalten mufsten, bis der zur Erzeugung der sphäroidischen Gestalt nothwendige, nicht etwa bis zur leichten Tropfbarkeit oder gar zur Gasbildung reichende, wohl aber die Formänderung gestattende feurig flüssige Zustand eingetreten war. Die Hypothese eines in gröfseren Tiefen noch gegenwärtig statt findenden feurig flüssigen Zustandes findet in den älteren und neueren vulcanischen Phänomenen eine gewichtige Unterstützung; auch läfst sich eine zweite von Cordier aufgestellte Hypothese, wonach die bereits abgekühlte Kruste an den verschiedenen Orten der Erde eine ungleiche Dicke haben soll, durch bedeutende Argumente unterstützen, woran sich eine dritte, bereits[1] ausgesprochene, sehr folgerecht reihen läfst, dafs die vielleicht verminderte, auf jeden Fall gleichbleibende Höhe des Meeresspiegels aus dem langsam und sehr

1 S. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1609.

allmälig tiefer in die Erdkruste eindringendem Meerwasser abgeleitet werden könne.

21) Bei diesen Schlüssen entfernt man sich auf jeden Fall nicht weit von den auf Erfahrung gestützten Folgerungen, was aber augenblicklich geschieht, wenn man die Ursachen, die eigenthümliche Art und die Zeitdauer des Ueberganges aus dem früheren Zustande gröſserer Hitze in den gegenwärtigen einer gleichbleibenden Temperatur näher zu bestimmen versucht, weil uns die Gesetze des Verhaltens der Wärme bei Körpern, die unter dem Einflusse der Erde und ihrer Atmosphäre stehn, noch allzuwenig bekannt sind, geschweige daſs wir sie bei der im freien Himmelsraume schwebenden Erde kennen sollten. Die Bemühungen, über diese Probleme zu näherer Einsicht zu gelangen oder gar die Entstehungsweise und Bildung der Erdkruste auszumitteln, sind zwar sehr interessant zur Unterhaltung des Geistes, welcher da am begierigsten nach Aufklärung sucht, wo die Dunkelheit am stärksten ist, auch kann nicht in voraus bestimmt werden, ob vielleicht eine sinnreiche Combination uns der Wahrheit etwas näher bringt, allein man darf dabei nicht vergessen, wie viel leichter es sey, Dutzende von Hypothesen aufzustellen, als nur eine einzige Thatsache völlig genau zu ermitteln. Unter die schätzbarsten Bemühungen der Gelehrten in dieser Beziehung gehören diejenigen, wodurch man die Gesetze und die Zeit der Abkühlung des ursprünglich glühenden Erdballs zu bestimmen suchte, und die dann im weiteren Verfolge noch auf die Beantwortung einer andern Frage führen, nämlich ob noch gegenwärtig eine fortdauernde Abkühlung statt findet, wovon weiter unten die Rede seyn wird. Mit Uebergehung minder wichtiger Versuche dieser Art verdienen vorzugsweise die Resultate erwähnt zu werden, welche Fourier[1] auf die Grundlage eines tief gelehrten Calcüls gebaut hat. Die Erdkruste, welche die Wärme abgiebt, ist von der inneren Seite durch eine in Glühhitze befindliche feste Masse begrenzt, von auſsen aber befindet sie sich in einem unmeſsbar groſsen Raume, dessen Temperatur —52° C. beträgt. Es muſs daher bestimmt werden, nach welchem Gesetze eine massive Kugel, die auf irgend eine Weise

1 Théorie analytique de la Chaleur. Paris 1824. 4. p. 347—366. Vergl. Ann. Ch. et Phys. T. XIII. p. 448. T. XXVII. p. 130.

eine sehr hohe Temperatur angenommen hat, diese erhaltene Wärme in einem Raume von constanter niedriger Temperatur verliert. Als Resultat geht dann hervor, dafs die Wärme, welche während eines Jahrhunderts von innen her die Fläche von einem Quadratmeter durchdringt und sich im Raume verbreitet, eine Eissäule von gleicher Basis und nahe drei Meter Höhe schmelzen würde. Anfangs mufste die Oberfläche schnell erkalten, gegenwärtig aber, da die Oberfläche diejenige Temperatur kaum um 0°,034 C. übertrifft, die sie unter den obwaltenden Bedingungen annehmen kann, schreitet die Abnahme der Wärme so langsam vor, dafs mehr als 30000 Jahre erfordert werden, bis jener Ueberschufs auf die Hälfte herabgehn wird, weswegen die Erde seit der Zeit der Alexandrinischen Schule nur um 0°,03 C. kälter geworden seyn kann[1].

22) Nach Feststellung dieser allgemeinen Bestimmungen kann untersucht werden, welche Resultate durch die bisherigen Beobachtungen und Versuche rücksichtlich der Temperatur des Erdkerns gewonnen worden sind. Vor allen Dingen findet Poggendorff[2] mit Recht auffallend, dafs bei den im Auslande geschehenen Messungen die Neigung des Bodens nirgends berücksichtigt worden ist, welche nothwendig auf die Resultate einen wesentlichen Einflufs haben mufs. Diese Bedingung ist oben bereits angegeben worden[3], seitdem hat G. Bischof[4] die Aufgabe bestimmt aufgefafst und nach richtiger Ansicht der Sache gefolgert, dafs, wenn A B die Oberfläche der Erde, γ den Gipfel Fig. 35.
eines Berges bezeichnen, und die mit der Tiefe zunehmende Temperatur so angenommen wird, wie sie in der Zeichnung ausgedrückt ist, die Temperatur von β nach β' und stets um so viel höher über diesen Punct hinaufrücken müsse, je weniger steil der Berg ist. Auf steilen Bergen mufs demnach die Wärme mit der Tiefe weniger zunehmen, als in Thälern und Ebenen. Ein Umstand scheint mir hierbei hauptsächlich Berücksichtigung zu verdienen. Nach einer höchst wahrscheinlichen Hypothese sind alle Berge ursprünglich von innen her-

1 Eine weitere Untersuchung über fortdauernde Erkaltung der Erde findet sich unten im 4ten Abschn. Veränderungen der Temperatur.

2 Annalen d. Physik u. Chemie. XXXVIII. 600.

3 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 982.

4 Poggendorff Ann. XXXV. 210.

Digitized by Google

auf zu einer Zeit gehoben worden, als die Erde noch im feurig flüssigen oder mindestens weichen Zustande war, diejenigen nicht gerechnet, welche aus überfliefsenden oder ausgeworfenen vulcanischen Massen aufgehäuft wurden. Die Abkühlung erfolgte demnächst von aufsen, und wenn dann z. B. die Linie $\beta'\gamma' = \beta'\gamma$ war, also der Böschungswinkel des Berges 45° betrug, so mufste der Punct β' von den Puncten γ und γ' aus eine den beiderseitigen Temperaturen proportionale Abkühlung erleiden, also eine gröfsere, als wenn man bei der Messung vom Puncte γ allein ausgeht, wobei jedoch die Vergröfserung dieser Abkühlung um so geringer seyn wird, je kleiner die Entfernung $\gamma\beta'$ gegen $\gamma'\beta'$ wird, bis sie für einen unendlich grofsen Werth der letzteren verschwindet. Im Ganzen genommen weichen die Resultate der Messungen, wenn man von der Bodentemperatur des Anfangspunctes in γ ausgeht und die mit der Tiefe wachsende Wärmezunahme aufsucht, nicht bedeutend von einander ab, vorausgesetzt dafs die vielfachen, genaue Bestimmungen höchst erschwerenden Einflüsse gehörig gewürdigt werden. Aus diesem Umstande, verbunden mit der in nicht bedeutender Tiefe unter der Oberfläche anfangenden Wärmezunahme, dürfte man allerdings auf ein nicht viele Jahrtausende umfassendes Alter der bestehenden Berge zu schliefsen berechtigt seyn.

23) Ein zweiter, bei den Messungen dieser Art sehr zu berücksichtigender Umstand, welcher bei den in den preufsischen Bergwerken veranstalteten mit Grunde zur Erörterung gebracht worden ist[1], liegt in dem Abstande zweier in ungleicher Tiefe beobachteter Thermometer von einander und ihrem verschiedenen Abstande von der Oberfläche. Sind diese Thermometer in einer lothrechten Linie über einander angebracht, dann kommt blofs ihr lothrechter Abstand und die Tiefe des oberen unter der Oberfläche in Betrachtung; befänden sich
Fig. 36. aber die Thermometer z. B. in F und G oder in C und D, so mufs berücksichtigt werden, dafs G wärmer als D und C kälter als F seyn mufs.

24) Fragen wir nun nach den Resultaten, welche durch die bisherigen Messungen der mit der Tiefe wachsenden Temperatur gewonnen worden sind, so lassen sie sich im Wesentlichen

1 Poggendorff Ann. XXII. 522.

Digitized by Google

auf folgende zurückbringen. Zuerst ist man ganz allgemein darüber einverstanden, daſs die Temperatur der Erde mit der Tiefe zunehme und unter Voraussetzung einer fortwährenden Zunahme mindestens den Schmelzpunct des Eisens erreiche; auch wird nicht bezweifelt, wenn wir Poisson und die gewiſs sehr geringe Zahl seiner Anhänger ausnehmen, daſs diese innere Wärme das Residuum derjenigen ursprünglichen sey, welche nach der Bildung des Erdballs und vor der Entstehung seiner jetzigen Kruste den Flüssigkeitszustand desselben bedingte. Handelt es sich aber um die Auffindung des genauen Gesetzes dieser Zunahme, so sind hierzu die bis jetzt bekannt gewordenen, wenn gleich höchst schätzbaren, Messungen noch keineswegs zureichend. Zuerst machen die ungleichen Temperaturen der äuſseren Erdkruste an mehreren Orten unter gleichen Breiten, aber ungleichen Längen, namentlich der nördlichen Halbkugel, es im höchsten Grade wahrscheinlich, daſs die reducirte Erdkruste nicht überall von gleicher Dicke ist; sie kann daher auch nicht überall gleichmäſsig abgekühlt seyn und muſs demnach an den verschiedenen Orten ungleiche Gesetze der mit der Tiefe wachsenden Temperatur zeigen. Um die in dieser Beziehung vorhandenen Unterschiede aufzufinden reichen jedoch die bei weitem der Mehrzahl nach in Europa, nur einzeln in America, Indien und Sibirien angestellten Messungen keineswegs aus. Will man aber aus diesen das fragliche Gesetz für den jedesmaligen gegebenen Ort entnehmen, so sind sie auch in dieser Beziehung von sehr ungleichem Werthe und führen ebendaher zu sehr verschiedenen Resultaten, unter denen die sichersten zwar für den bestimmten Ort auf hinlängliche Genauigkeit Ansprüche haben, die Frage im Allgemeinen aber aus den angegebenen Gründen keineswegs genügend beantworten. Wegen der für unser Werk erforderlichen Vollständigkeit stelle ich die bisherigen Resultate in folgender Tabelle übersichtlich zusammen[1].

1. Aeltere Messungen und solche, welche hauptsächlich veranstaltet wurden, um die Wahrheit einer mit der Tiefe

1 Die Angaben der Längen, Breiten und Meereshöhen sind nur in genäherten Werthen und von mehreren Resultaten ist das arithmetische Mittel genommen.

Digitized by Google

zunehmenden Wärme darzuthun, die aber zur Auffindung des Gesetzes dieser Zunahme ungenügend sind.

Orte	Nördl. Breite	Länge v. G.	Höhe in P. F.	Erreichte Tiefe	Tiefe für 1° C.	Beobachter
Bex	48°	8° O.	1378	677	128	de Saussure
Freiberg . .	51	13 O.	1230	1015	115	d'Aubuisson
Freiberg . .	51	13 O.	1230	1348	120	v. Trebra
Béfort . .	48	7 O.	—	1332	215	Gensanne
Cornwallis	50,5	5 W.	—	1126	108	Th. Lean
Cornwallis	50,5	5 W.	—	1400	36	Fox
Cornwallis	50,5	5 W.	—	1080	100	Fox
Pestarena .	45,8	7 O.	6000	2160	179	Fantonetti
Pestarena .	45,8	7 O.	6000	2160	337	Fantonetti
Neuspanien	—	—	—	582	45	v. Humboldt
Villalpando	—	—	—	412	59	v. Humboldt
Carmaux .	44	2,5 O.	768	560	108	Cordier
Decise . .	47	3,5 O.	460	526	61	Cordier
Littry . .	49	0,5 W.	184	301	46	Cordier
Dieuze . .	49	7 O.	619	330	110	Levallois
Nordengland	55	2 W.	95	1100	74	Bald
Durham . .	55	2 W.	—	—	80	Bald
Guennap .	50,5	5 W.	—	—	30	Fox
Huel-Vor	50,5	5 W.	—	—	75	Fox
Poldice . .	50,5	5 W.	—	—	16	Fox
Leadhills .	56	3,5 W.	—	—	190	Irving
Leadhills .	56	3,5 W.	—	—	106	— —
Cornwallis	50,5	5 W.	—	1250	132	Henwood
Bogoslawsk	60	42,5 O.	615	200	60	Kupffer

2. Messungen aus der Wärme des Wassers fliefsender artesischer Brunnen, die nicht entscheidend seyn können, weil sich der Einflufs der Temperatur höherer und tieferer Erdschichten auf das Wasser dieser Quellen nicht ausmitteln läfst.

Orte	Nördl. Breite	Länge v. G.	Höhe in P. F.	Erreichte Tiefe	Tiefe für 1° C.	Beobachter
London . .	51°,5	0	162	140	70	— —
Indien . .	27	77 O.	—	140	54	Tremenheere
Rüdersdorf	52,5	13,5 O.	200	630	72	Erman
Rüdersdorf	52,5	13,5 O.	200	655	80	Magnus
Rüdersdorf	52,5	13,5 O.	200	880	63	Schmidt
Epinay . .	50,5	2,5 O.	—	206	56	Héricart de Thury
Rochelle .	46	1 W.	—	379	61	Héricart de Thury
Wien . . .	48	16,5 O.	450	230	66	V. Jacquin
Paris . . .	49	2,5 O.	116	917	80	Arago
Paris . . .	49	2,5 O.	116	532	92	Walferdin
Paris . . .	49	2,5 O.	116	1230	95	Arago
St. Ouen .	49	2,5 O.	116	203	109	Arago
Lille . . .	50,5	3 O.	—	308	78	Arago
Upsala . .	60	17,5 O.	—	—	45	Wahlenberg[1]
Edinburg .	56	3 W.	344	—	68	Ungenannter[2]

3. Messungen, welche wegen vorzüglicher Genauigkeit und günstiger Umstände wahrscheinlich sichere Resultate geben, namentlich in frischen Bohrlöchern angestellte.

Orte	Nördl. Breite	Länge v. G.	Höhe in P. F.	Erreichte Tiefe	Tiefe für 1° C.	Beobachter
Genf . . .	46°	6° O.	1447	680	98	De la Rive u. Marcet
Erzgebirge	51	13,5 O.	2078	430	128	Reich
Erzgebirge	51	13,5 O.	1280	861	102	Reich
Newcastle	55	2 W.	81	1486	100	Phillips

Aus der Uebersicht dieser Tabellen ergiebt sich kein Einfluſs der Breite oder der Länge auf das Gesetz der Wärmezunahme, auch übersieht man bald, daſs sie zur Auffindung eines solchen keineswegs von hinlänglichem Umfange sind. Der mittlere Werth der ersten Abtheilung ist 105 Par. Fuſs Tiefe für 1° C., der zweiten 74 und der dritten 107. Hieraus folgt wohl, daſs das Wasser artesischer Brunnen und das in

1 Die Bestimmung findet Kupffer aus der jährlichen Aenderung der Quellentemperatur. S. Poggendorff Ann. XXXII. 279.

2 S. Kupffer ebend. S. 279. Vergl. Art. *Quellen*. S. 1083.

Digitized by Google

grofsen Tiefen befindliche die Temperatur leicht zu hoch angiebt, ohne Zweifel weil es aus gröfseren Tiefen heraufkommt. Nehmen wir die drei genauesten Messungen der dritten Tabelle, so geben diese als arithmetisches Mittel gerade 100 Fufs Tiefe für 1° C. Wärmezunahme, und wenn man die ungleichen Höhen über der Meeresfläche dieser drei Puncte berücksichtigt, so ergiebt sich, dafs die Curven gleicher Temperatur im Innern der Erdkruste[1] keineswegs mit dem Meeresspiegel parallel laufen, sondern sich nach der Form der Berge krümmen, und dieses um so mehr, je gröfser die Bergmassen sind. Endlich konnten bei allen diesen drei Messungen die äufseren Einflüsse, namentlich die herabsinkende kältere Luft, nur abkühlend wirken, und die Bestimmung von 100 Par. Fufs für 1° C. ist daher eher zu grofs, als zu gering, die sehr grofse, aus den Gesetzen der Abkühlung erhitzter Körper folgende Wahrscheinlichkeit nicht gerechnet, dafs die Wärmezunahme mit der Tiefe in einem stärkeren, als dem einfachen arithmetischen Verhältnisse wächst, und man wird daher gewifs nicht zu viel thun, wenn man jene Gröfse für die Anwendung beibehält. Setzt man nun nach den neuesten Versuchen von Pouillet die vollkommene Weifsglühhitze und den Schmelzpunct des Eisens hoch auf 1600° C., so würde diese in einer Tiefe von 160000 Fufs oder in 7,005, wir können dreist annehmen in 7 geographischen Meilen statt finden, welche nicht mehr als $\frac{1}{123}$ des Erdhalbmessers beträgt. Ob jedoch in dieser Tiefe eine solche Hitze wirklich statt finde und diese dann in gleicher Progression zunehme, ist nach dem Vorhergehenden keineswegs ausgemacht, Letzteres auf jeden Fall sehr unwahrscheinlich, wo nicht unmöglich.

B. Temperatur der Erdkruste.

25) Eigentlich ist die Untersuchung der Temperatur der Erdkruste in dem eben beendigten Abschnitte enthalten, sofern alle Beobachtungen und Messungen sich nur bis auf eine, im Verhältnifs zum Halbmesser, geringe Tiefe erstrecken. Der Zweck der angestellten Untersuchungen bezog sich aber vor-

1 G. Bischof nennt diese Linien *Chthonisothermen.*

Digitized by Google

zugsweise darauf, aus den aufgefundenen Thatsachen das Gesetz der mit der Tiefe zunehmenden Temperatur aufzufinden und hiervon auf die Wärme des eigentlichen Erdkerns zu schliefsen, wenn es auch vor der Hand noch unmöglich ist, hierüber zur völligen Gewifsheit zu gelangen. Offenbar aber hat man einen hiervon verschiedenen Zweck vor Augen, wenn man, unbekümmert um die mit der Tiefe wachsende Wärme, blofs die Temperatur der oberen Erdkruste, namentlich im Verhältnifs zu der sie berührenden Luftschicht, untersucht, was man zuweilen auch *Bodentemperatur* zu nennen pflegt. Wird diese Aufgabe in ihrer Allgemeinheit aufgefafst, so zeigt die äufsere Erdkruste eine sehr ungleiche Beschaffenheit; bald ist es flacher Boden, bald aufsteigendes Gebirge, oft mufs die Temperatur aus den Quellen entnommen werden, Seeen bilden einen grofsen Theil der Oberfläche, einen noch weit gröfseren bedecken die Meere. Alle diese Einzelheiten erzeugen verschiedene Modificationen und müssen abgesondert betrachtet werden, wenn man unangenehme, eine deutliche Uebersicht hindernde, Verwirrungen vermeiden will. Wir wollen daher das Zusammengehörige, unter gewissen Hauptabtheilungen vereint, für sich besonders untersuchen.

a. Temperatur des Meeres.

26) Hierüber ist bereits[1] ausführlich gehandelt worden, auch bedarf diese Untersuchung keiner Nachträge. Im Allgemeinen nimmt zwar das Meer an der Temperatur der ganzen Erde Theil, insofern die Wärme desselben unter dem Aequator am höchsten ist und nach den Polen hin abnimmt, sie wird jedoch durch die Beweglichkeit des Wassers und die durch vielfache Ursachen erzeugten Strömungen ausnehmend modificirt, wie aus den beigebrachten Thatsachen zur Gnüge hervorgeht.

b. Temperatur der Seeen.

27) Die vorzüglichsten Thatsachen über diesen Gegenstand sind bereits angegeben worden[2], es müssen hier jedoch die ein-

1 Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1656. Vergl. im folgenden Art. Temperatur des Meeres.

2 Art. *See*. Bd. VIII. S. 741.

Digitized by Google

zelnen Messungen nachgeholt werden, worauf die dort ausgesprochenen Resultate sich gründen. De Saussure[1] stellte seine erwähnten Messungen im Jahre 1779 an und fand namentlich beim Genfersee in 900 Fuſs Tiefe 5°,3 C. De la Beche[2] hat die Resultate einer groſsen Reihe schätzbarer Messungen mitgetheilt. Beim Genfersee fand er in 6 Fuſs Tiefe 15°,6, in 60 Fuſs 13°,2, in 90 Fuſs 10°,9, in 120 Fuſs 7°,9, in 150 Fuſs 7°,1, in 180 Fuſs 5°,8, in 240 Fuſs 5°,1, und diese Temperatur blieb constant bis zu 906 Fuſs Tiefe, so daſs also dieses Resultat mit dem durch De Saussure gefundenen sehr genau übereinstimmt. Beim Thunersee fand de la Beche an der Oberfläche 15°,5, in 84 Fuſs Tiefe 5°,5 und in 588 Fuſs Tiefe 5°,2; der Zugersee zeigte an der Oberfläche 15°, in 216 Fuſs Tiefe 5° C. Auch v. Humboldt maſs beim Bartholomäussee in Berchtesgaden die Temperatur der Luft und fand diese am Gestade 17°,7, über der Wasserfläche in der Mitte des Sees 16°, in 2 Fuſs Tiefe 7°,7, in 42 Fuſs 6°,2, in 60 Fuſs 5° und in 84 Fuſs Tiefe an einer andern Stelle 5°,6. Nach den Messungen von Barlocci hatte der Lago Sabbatino bei Rom in einer Tiefe von 490 Fuſs nur 6°,9 C. Wärme, während das Wasser an der Oberfläche 25° C. zeigte; auch fand Jardine in mehreren schottischen Seeen die Temperatur in 110 Fuſs Tiefe das ganze Jahr hindurch unverändert[3]. Die neuesten Messungen sind von Becquerel und Breschet mit einem Peltier'schen thermoelektrischen Apparate im Genfersee angestellt worden[4]. Von dem Felsen des Chateau-Chillon senkten sie den Apparat herab und erhielten auf der Oberfläche 19°,8 C., in 20 Meter Tiefe 12°,3, in 40 Meter 9°, in 80 Meter 6°,5, und diese Temperatur blieb constant bis zur gröſsten erreichten Tiefe von 104 Meter. Diesemnach darf man die angegebene mittlere Temperatur in gröſseren Tiefen dieser Seeen von 5° C. als die richtige betrachten und findet auch leicht den Grund, warum diese Temperatur die des Wassers im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit, nämlich 3°,78, um eine Kleinigkeit übertrifft, denn unter diesen Normal-

1 Voyages §. 1351 u. 1391. G. III. 201.

2 Bibl. univ. T. XII. p. 123. T. XIV. p. 144.

3 Ure Handwörterbuch der prakt. Chemie. Weim. 1825. S. 364.

4 Compte rendu de l'Acad. des Sc. 26. Dec. 1836. Bibliothèque univ. 1837. Janv. p. 173.

Digitized by Google

punct kann die Temperatur des tieferen Wassers nicht herabsinken, wenn die Seeen unter solchen Breiten liegen, dafs nach geschmolzenem Eise die Oberfläche bis zu diesem Puncte erwärmt wird und das seine gröfste Dichtigkeit erhaltende Wasser bis zur gröfsten Tiefe herabsinkt. Der geringe Ueberschufs über diesen Normalpunct erklärt sich leicht aus der Einwirkung der bis zu grofser Tiefe eindringenden Sonnenstrahlen und aus einem Einflufs des Bodens. Unter höheren Breiten überschreitet wahrscheinlich die Temperatur der Tiefe jenen Normalpunct nicht, im Ganzen aber befolgt die Wärme des Wassers der Seeen das angegebene eigenthümliche Gesetz und kann somit über die Temperatur der Erdkruste keine Auskunft geben.

c. Temperatur der Quellen.

28) Dafs die Quellen ein vorzügliches Mittel zur Bestimmung der mittleren Temperatur der Erdkruste abgeben, ist bereits[1] gezeigt, auch ist der Unterschied der Quellen von gleicher und der von veränderlicher Temperatur hervorgehoben und nicht minder sind die vorzüglichsten, in dieser Beziehung gemessenen, Quellen nach ihren, mit wachsenden Breiten abnehmenden Temperaturen übersichtlich zusammengestellt worden[2]. Der rasche Fortgang des Studiums der Natur bringt aber täglich neue Thatsachen und so dürfen daher hier die wichtigsten hinzugekommenen Bereicherungen nicht fehlen. Zahlreiche Messungen der Quellen-Temperaturen aufzunehmen scheint mir jedoch nicht geeignet, da sie den Werth zur Bestimmung der mittleren Bodentemperatur nicht haben, den man ihnen früher zuweilen beilegte; inzwischen verdienen doch diejenigen namhaft gemacht zu werden, welche Parrot[3] auf seiner Reise zum Ararat beiläufig anstellte, weil sie aus Gegenden sind, aus denen fast alle Thermometerbeobachtungen fehlen, weshalb einige derselben in der später folgenden Tabelle für die mittleren Temperaturen zur Erhaltung mindestens annähernder Resultate benutzt worden sind. In der Kalmückensteppe

---

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 989.

2 S. *Quellen*. Bd. VII. S. 1075 ff.

3 Reise zum Ararat von Dr. Fr. Parrot u. s. w. Berl. 1834. Bd. II. S. 50.

Digitized by Google

nördlich vom Kaukasus zwischen 46°,5 und 47° N. B. im Mittel unter 42° 20′ östl. L. v. G. gaben zwei Quellen übereinstimmend 13° C. Unweit Jekaterinograd unter 43° 45′ N. B., 44° 20′ östl. Länge in 780 F. Höhe zeigte eine Quelle 13°,6 C. Wie unsicher die Bestimmung der Bodentemperatur und somit auch der ihr nahe gleichen mittleren Temperatur vermittelst der Quellen sey, beweisen Parrot's wiederholte Messungen in der Gegend von Lars und von Stepan Zminda, desgleichen zwischen Keschaur und Passanaur am Kaukasus unter 42° 30′ bis 43° N. B. und 44° 20′ bis 40° 40′ östl. L. Denn die eine Quelle in 2700 F. Höhe zeigte 13°,7, eine andere in 3000 Fuſs Höhe 8°,6, zwei andere Quellen in 3900 Fuſs Höhe 9°,0, noch eine in 4200 F. Höhe 7°,4, sämmtliche Messungen im Juni angestellt, wogegen die letztere Gröſse im Januar nur 6°, 1 betrug. Zwei Quellen in 4500 Fuſs Höhe zeigten 10°,4 und 11°,1, eine in 4800 F. Höhe 6°,5, eine in 6468 Fuſs Höhe zeigte 3°,2, eine andere 60 Fuſs tiefer 5°,4, ein schwacher Sauerbrunnen in 6240 F. Höhe 7°,5, eine süſse Quelle in 3240 Fuſs Höhe 10°,9 und drei Quellen südlich von Passanaur zeigten in 3096 F. Höhe 11°,1, in 3000 F. Höhe 12°,4 und in 2658 F. Höhe 10°,1. Auch diese Messungen geschahen im Juni, ihre Wiederholungen im Anfange Januars gaben statt 5°,4 nur 4°,6 und statt 10°,1 nur 8°,7. Wichtiger dagegen ist die Messung der Temperatur eines 22 F. tiefen Brunnens in Tiflis 1140 F. über dem Meere, welche 15°,1 gab, einer Quelle in Kacheti unter 42° N. Br. und 45° 20′ östl. L., die 14°,2, und von 5 Quellen in der nämlichen Gegend, welche mit geringen Abweichungen 12°,0 zeigten, so daſs die letztere Wärme nahe genau die mittlere jener Gegend seyn mag.

Man nahm bisher an, daſs diejenigen Quellen, welche sich rücksichtlich der gelieferten Wassermenge und der Temperatur das ganze Jahr hindurch gar nicht oder nur unmerklich ändern, die Bodentemperatur am sichersten angeben, allein dieser Satz läſst sich von verschiedenen Seiten her angreifen, und es bleibt noch fraglich, ob nicht die veränderlichen Quellen, sobald man sie so häufig beobachtet, daſs alle Wechsel mit in die Berechnung kommen, zu der gesuchten Bestimmung am besten geeignet sind. Die Quellen zeigen nämlich nur dann eine stets gleichbleibende Wärme, wenn das sie speisende hy-

Digitized by Google

drometeorische Wasser so tief einsinkt, daſs die wechselnden Temperaturen der Jahreszeiten in diesen Tiefen ausgeglichen werden; allein dann kann auch die mit der Tiefe zunehmende Temperatur nicht ohne Einfluſs seyn, wenn gleich die seit Jahrhunderten die nämlichen Räume erfüllenden Tagewasser einen fast unveränderlichen Temperaturzustand herbeiführten. So haben unter andern die artesischen Brunnen zu Heilbronn stets eine Wärme von 12°,5 C., welche die der dortigen Bodenwärme bei weitem übertrifft[1], und daſs auch die stets flieſsenden artesischen Brunnen zu Wien eine mit der Tiefe wachsende constante Temperatur zeigen, ist bereits oben erwähnt worden[2]. Um die mittlere jährliche Temperatur der veränderlichen Quellen aufzufinden, ist es unnöthig, wie bei der Bestimmung der mittleren Lufttemperatur mehrmals täglich zu beobachten, ja es bedarf selbst der täglichen Beobachtungen nicht, sobald man gegen plötzliche Aenderungen so weit gesichert ist, daſs aus einigen in einem Monate angestellten Messungen die mittlere dieses Monats sicher gefunden wird, widrigenfalls müſste man zur Erhaltung dieses Resultates ähnliche Methoden in Anwendung bringen, als welche weiter unten zur Auffindung der mittleren Lufttemperatur angegeben werden sollen. Hat man aus einer genügenden Anzahl von Beobachtungen die monatlichen Mittel gefunden, so erhält man hieraus die jährliche mittlere Temperatur durch einfache Berechnung leicht in mindestens sehr genähertem Werthe. Fehlen von einem oder zwei bis etwa vier Monaten die Messungen, so können diese durch Interpolation gefunden werden, wenn man die Curve, welche den Wechsel der Temperatur bezeichnet, graphisch darstellt. Sind die fehlenden Monate einzeln zwischen den andern zerstreut, so werden die auf diese Weise gefundenen Resultate der Wahrheit sehr nahe kommen, je mehr fehlende Monate aber bei einander liegen, um desto unsicherer müssen die erhaltenen Werthe seyn. Soll die Genauigkeit noch weiter getrieben werden, so kann man sich derjenigen Interpolationsmethode bedienen, welche man gegenwärtig häufig in Anwendung bringt und von welcher bereits mehrmals die Rede war[3]. Bezeichnet t_n die dem nten Monate zu-

1 Dingler polytechnisches Journ. Th. XXXVII. S. 116.

2 Wiener Zeitschrift Th. VIII. S. 273.

3 Art. *Meteorologie.* Bd. VI. S. 1876 und 1962. Daselbst muſs in

gehörige mittlere Temperatur, wenn die mittlere des ganzen Jahres = t ist, so ist

$$t_n = t + u . \mathrm{Sin.} (n . 30^\circ + v) + u' . \mathrm{Sin.} (n . 60^\circ + v'),$$

worin die Constanten u und u', v und v' aus Beobachtungen bestimmt werden. Man bezeichnet den ersten Monat durch 0 und die folgenden durch 1, 2, 3, ... 11, und es ist dann

$$6u\ \mathrm{Sin.}\ v = (1 - 5 - 7 + 11)\ \mathrm{Cos.}\ 30^\circ$$
$$+ (2 - 4 - 8 + 10)\ \mathrm{Cos.}\ 60^\circ + 0 - 6,$$
$$6u\ \mathrm{Cos.}\ v = (1 + 5 - 7 - 11)\ \mathrm{Cos.}\ 30^\circ$$
$$+ (2 + 4 - 8 - 10)\ \mathrm{Cos.}\ 60^\circ + 3 - 9,$$
$$6u'\ \mathrm{Sin.}\ v' = (1 - 2 - 4 + 5 + 7 - 8 - 10 + 11)\ \mathrm{Cos.}\ 60^\circ,$$
$$6u'\ \mathrm{Cos.}\ v' = (1 + 2 - 4 - 5 + 7 + 8 - 10 - 11)\ \mathrm{Sin.}\ 60^\circ.$$

Man kann also nach einem sinnreichen, von A. Erman[1] bei der Untersuchung der Quellentemperatur zu Königsberg angewandten Verfahren die durch die erste annähernde Interpolation für die fehlenden Monate gefundenen Werthe in dieser Formel benutzen, und indem man durch dieselbe die ebendiesen Monaten zugehörigen mittleren Temperaturen genauer findet, diese mehr genäherten Werthe abermals in die Formel aufnehmen, und dieses Verfahren so lange wiederholen, bis man der Wahrheit möglichst nahe gekommen ist. A. Erman fand die mittlere Temperatur der Quellen zu Königsberg = 8°,246 C., die der Luft aus Sommer's Beobachtungen = 6°,275, welches einen Unterschied von 1°,971 giebt und den allgemein angenommenen Satz bestätigt, dafs unter höheren Breiten die Bodentemperatur die der Luft übertrifft. Inzwischen mufs wohl berücksichtigt werden, dafs hierfür nur einjährige Messungen der Quellen vorhanden sind, es unterliegt aber keinem Zweifel, dafs auch die mittlere Quellentemperatur in den verschiedenen Jahren gleiche Unterschiede zeigt, als die Lufttemperatur, wie schon daraus nothwendig folgt, dafs einige Jahre eine ungleich gröfsere Menge von Schnee oder umgekehrt warmer Gewitterregen liefern, als andere. So mafs, nach einer Mittheilung von Kupffer[2], Coumani die Temperatur der

---

der Gleichung für 12 u' Sin. v' auf S. 1876 in dem mit Cos. 30° multiplicirten Factor XXIII statt XXII stehen und S. 1961. Z. 2. v. u. mufs es statt u (w. 45° + v) heifsen u Sin. (w. 45° + v).

1 Poggendorff Ann. XI. 306.

2 Lond. and Edinb. Philos. Mag. N. II. p. 134.

Quellen zu Nicolajeff unter 46° 58′ N. B. und 32° 0′ östl. L. von G. in den Jahren 1827, 1829 und 1830 und erhielt

1827	bei einer Veränder. zwisch.	5°,73 u.	11°,25	im Mittel	9°,25 C.
1829	— —	— —	4,00 -	11,00	— —	7,75 -
1830	— —	— —	11,62 -	12,00	— —	11,70 -

Nach Kupffer[1] beträgt die mittlere Quellentemperatur zu Sebastopol unter 44° 35′ N. B. und 33° 32′ östl. L. von G. 12°,78 C. Sie wurde in den Jahren 1827 bis 1829 gefunden und schwankte 1827 zwischen 9°,9 und 14°,4 C., im Jahre 1828 zwischen 8°,4 und 14°,9 und im Jahre 1829 zwischen 9°,75 und 16°,5.

29) Diese Ungleichheit der Resultate verschiedener Jahre kann durchaus kein genügendes Argument gegen die Zulässigkeit der Bestimmung der Bodentemperatur durch die Wärme der Quellen abgeben, jedoch müssen, ebenso wie für die Auffindung der mittleren Lufttemperatur, möglichst viele Jahre vereinigt werden. Ein unverkennbares Hindernifs liegt dagegen in dem Umstande, dafs die Temperatur des Bodens mit der Tiefe wächst und man bei keiner Quelle mit Sicherheit weifs, wie tief das hydrometeorische Wasser erst in die Erde herabsinkt, ehe es durch hydrostatischen Druck wieder gehoben und zum Ausfliefsen gebracht wird. Mit Gewifsheit dagegen darf angenommen werden, dafs das Quellwasser aus desto gröfseren Tiefen kommt, je weniger sich die Wärme desselben in einem Jahre ändert. Diesen Satz hat namentlich Kupffer[2] hervorgehoben und sehr sinnreiche Anwendungen davon gemacht. Nach seiner Ansicht liefse sich aus der beobachteten Temperatur einer Quelle leicht die Wärme der oberen Erdkruste finden, wenn die Tiefe der Quelle bekannt wäre, weil das Gesetz der mit der Tiefe zunehmenden Temperatur als genügend ermittelt zu betrachten sey; allein die hierüber im vorhergehenden Abschnitte gegebene Uebersicht zeigt unverkennbar, dafs diese Voraussetzung keineswegs begründet ist, abgerechnet dafs bei jeder einzelnen Quelle allezeit ungewifs bleibt, in welchem Grade die Räume, durch welche sie seit längerer oder kürzerer Zeit gedrungen ist, eben in Folge des Einflusses der hydrometeorischen Wasser, eine Veränderung

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. IV. p. 259.
2 Poggendorff Ann. XXXII. 270.

erlitten haben, weswegen denn auch die aus der Quellentemperatur abgeleitete Zunahme der Wärme so sehr ungleiche Resultate liefert. Inzwischen hat Kupffer, gestützt auf Fourier's Analyse der Wärmeleitung, die Relation zwischen der Tiefe der Quellen und der jährlichen Aenderung ihrer Temperatur aufgesucht, die ich um so mehr mittheile, da auch für eingesenkte Thermometer Gebrauch davon gemacht werden kann. Bezeichnet v die gröſste Aenderung der Temperatur einer Quelle im Laufe eines Jahres, u ihre Tiefe unterhalb der Erdoberfläche, so ist

$$v = A e^{-\alpha u} + A' e^{-\alpha u \sqrt{2}} \quad . \; . \; . \; . \quad I$$

welcher Ausdruck der Wahrheit um so viel näher kommt, je gröſser u ist, und somit für einen groſsen Werth von u

$$v = A'' e^{-\alpha u} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad II$$

seyn kann. Diese Formeln auf die Messungen angewandt, welche Wahlenberg bei vier Quellen unweit Upsala angestellt hat, findet Kupffer

	Mittlere Temperatur.	Gröſste Aenderung.	Tiefe
N. 1.	5°,44	11,3	0,00
N. 2.	5,75	4,6	0,31
N. 3.	6,16	1,0	0,72
N. 4.	6,52	0,2	1,08

Die hier angegebenen Tiefen sind die Unterschiede der mittleren Temperatur, sie sind also nur relative Gröſsen, lieſsen sich aber in absolute verwandeln, wenn das Gesetz der Wärmezunahme mit der Tiefe genau bekannt wäre; jedoch scheint mir noch auſserdem zu berücksichtigen, daſs die Tiefe für N. 1 = 0 angenommen ist, was auf keinem genügenden Grunde beruht, weswegen auch nicht die absolute Tiefe der Quellen, sondern nur ihre verhältniſsmäſsige unter einander aufgefunden werden könnte. Substituirt man aber die Werthe von u und v aus N. 4 und N. 3 in die Gleichung II, so findet man

$$0{,}2 = A'' e - \alpha . 1{,}08,$$

$$1{,}0 = A'' e - \alpha . 0{,}72,$$

welche verbunden

$\alpha = 4{,}47$ und dessen Logarithmus $= 0{,}6503075$

geben. Dieser Werth von α und die aus den Messungen

N. 1 und N. 3 erhaltenen Werthe in die Formel I eingeführt geben:

$$11{,}3 = A + A'$$

$$1{,}0 = A\,e^{-4{,}47\,.\,0{,}27} + A'\,e^{-4{,}47\,.\,0{,}72\sqrt{2}}.$$

Hieraus erhält man:

A = 28,871; dessen Logarithmus = 1,4604618
A' = — 17,571; dessen Logarithmus = 1,2448025

und dann für die Tiefe = 0,31 in N. 2 . . . v = 4°,74
für die Tiefe = 1,08 in N. 4 . . . v = 0°,21

statt dafs die Messungen 4°,6 und 0°,2 geben. Diese Uebereinstimmung ist allerdings hinlänglich genau, Kupffer findet aber aus ebendiesen Messungen die Zunahme der Tiefe für 1° C. nicht gröfser als 45 Fufs, welcher Werth offenbar zu klein ist.

30) Ein zweiter Umstand, welcher die Bestimmung der Bodentemperatur aus Quellen unsicher macht, indem er zu einem, dem eben gerügten entgegengesetzten, Fehler führt, ist das Herabsinken des Wassers aus bedeutenden Höhen, wonach es dann nicht die Temperatur derjenigen Höhe anzeigt, wo die Quellen ausfliefsen, sondern mehr derjenigen, wo das sie speisende Wasser in die Erde einsinkt. Kupffer[1] scheint diesen Umstand zuerst hervorgehoben zu haben, indem er sagt, dafs Quellen in Gebirgsgegenden die Bodentemperatur nicht sicher angeben, neuerdings ist aber die Sache aufser allen Zweifel gesetzt worden, wie vor allen Andern G. Bischof[2] aus zahlreichen Beispielen dargethan hat. Schon 1833 mafs Ennemoser die Temperatur von 13 Quellen in Tyrol unmittelbar neben Gletschern und fand sie zwischen 2°,54 und 6°,5 C. Bischof selbst fand die Temperatur von 4 Quellen an der Gandecke des Grindelwald-Gletschers in 3684 Fufs Höhe über dem Meere zwischen 3°,00 und 3°,37 C.; bei 51 Quellen zwischen Kanderstäg und Gemmi 5887 Fufs über dem Meere aber schwankte sie zwischen 3°,1 und 4°,5 C. Nach L. v. Buch und Wahlenberg zeigt die Quelle auf dem Gotthard in 8587 Fufs Höhe 3°,0 C. und auf dem Grofs-Glockner in

---

1 Poggendorff Ann. XV. 165. Ann. de Chim. et Phys. XLII. p. 366.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. XL. p. 356.

6660 Fuſs Höhe 3°,75 C., woraus zu folgen scheint, daſs die Quellen unmittelbar neben den Gletschern nicht unter 2°,25 C. herabgehn. Aus einer Menge von Beispielen zeigt Bischof[1] dann, daſs diese kalten Wasser bis zu bedeutenden Tiefen herabsinken, daselbst als Quellen zu Tage kommen, und nicht die Bodentemperatur der Orte zeigen, wo sie entspringen, sondern eine mittlere zwischen der ihres eigentlichen Ursprunges und ihres Ausganges. Ebendieses bestätigt Heer[2] und weist zugleich nach, daſs aus diesem Grunde die Quellen in Kalkgebirgen meistens kälter sind, weil in den Zerklüftungen derselben das Wasser tiefer herabsinkt und daher das aus höheren Regionen herabgekommene in ihnen zu Tage ausflieſst.

31) Endlich ist bereits bemerkt worden, daſs die Bodentemperatur überhaupt aus der Wärme der Quellen an solchen Orten nicht entnommen werden kann, wo die mittlere Temperatur unter dem Nullpuncte des Centesimalthermometers ist, weil sich dieses mit dem Gefrieren des Wassers nicht verträgt. Parry[3] behauptet daher, jenseit des Polarkreises gebe es gar keine Quellen, weil der Boden stets gefroren sey und bloſs zur Zeit der gröſsten Hitze einige oberflächliche zum Vorschein kämen. Dieses gilt aber nur von den kälteren Regionen der Erde, aber nicht von den nördlichen Theilen Skandinaviens, wo die Quellen allerdings über den Polarkreis hinausgehn. Es läſst sich als möglich denken, aus der gemessenen Temperatur von Quellen, die nur eine kurze Zeit im Jahre flieſsen, die mittlere Temperatur derselben zu berechnen, wenn man aus den Beobachtungen das Maximum und das Gesetz der Abnahme ihrer Wärme entnähme und vermittelst dieser Gröſsen die fehlenden Glieder interpolirte, um dann die mittlere Temperatur zu erhalten, allein die Ungewiſsheit würde bei diesem Verfahren so groſs seyn, daſs es mir überflüssig scheint, weiter darauf einzugehn. Bemerkt werden muſs jedoch, daſs nach der

---

1 Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers u. s. w. Leipz. 1837. S. 31 ff.

2 J. Fröbel und O. Heer Mittheilungen aus dem Gebiete d. theor. Erdkunde. Zürich 1836. Th. I. S. 297.

3 Journal of a third Voyage for the Discovery of a North-West Passage cet. Lond. 1826. App. p. 133.

Digitized by Google

Ansicht BISCHOF's[1], welcher durch zahlreiche Versuche viele Erfahrungen hierüber gesammelt hat, die Bodentemperatur allgemein aus veränderlichen Quellen genügend entnommen werden kann, wenn man die beiden angegebenen Hindernisse vermeidet, viele Quellen in der nämlichen Gegend beobachtet, dann genau die Zeit des Maximums und Minimums ihrer Wärme ermittelt und drei Monate nach dieser Zeit ihre Temperatur als die mittlere nimmt.

d. Temperatur der oberen Erdkruste.

32) In den neueren Zeiten ist die Kenntniſs der Temperatur der Erdkruste durch eine groſse Zahl sinnreich angestellter Messungen erweitert worden. Als vorzüglichstes Mittel dienten hierzu Thermometer, die bleibend in die Erde gesenkt wurden, frische Bohrlöcher bis zu geringen Tiefen, in denen die ihnen eigenthümliche Wärme sofort vor der Einwirkung äuſserer Ursachen gemessen wurde, und ein eigenthümliches Verfahren, welches von G. BISCHOF angewandt weiter unten näher beschrieben werden soll. Der Zweck dabei war zuweilen, die mit der Tiefe wachsende Wärme zu messen, in welcher Beziehung sie in den ersten Abschnitt (oben A.) gehören würden und dort auch zum Theil erwähnt worden sind; auſserdem aber wollte man vor allen Dingen theils die jederzeitige Bodenwärme in geringer Tiefe kennen lernen, theils aber und hauptsächlich ausmitteln, innerhalb welcher Grenzen die Temperatur zwischen dem Maximum und Minimum schwankt und welchen Gesetzen diese Schwankungen in ungleichen Tiefen unterworfen sind. Wenn man berücksichtigt, daſs die Erdoberfläche am Tage durch den Einfluſs der Sonnenstrahlen erwärmt wird und die so erzeugte Wärme allmälig tiefer eindringt, bei Nacht dagegen sich wieder verliert, und daſs unter zunehmenden Breiten ein mit diesen wachsender Unterschied zwischen der Temperatur des Sommers und des Winters statt findet, so gelangt man leicht zu der Folgerung, daſs die Schwankungen der Temperatur in verschiedenen Tiefen und unter ungleichen Breiten sehr ungleich seyn müssen, zugleich aber ist ganz unverkennbar, daſs eine Hauptbe-

1 Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers. S. 44.

Digitized by Google

dingung dieses Unterschiedes in der ungleichen Wärmeleitungsfähigkeit der jedesmaligen Erdschichten zu suchen sey.

Man leitete ehemals sowohl die Wärme des Bodens, als auch die Schwankungen, denen dieselbe unterworfen ist, ausschliefslich vom Einflusse der Sonnenstrahlen ab, wobei man zugleich die über sie hinströmenden, ungleich erwärmten Luftschichten und die ungleich warmen Hydrometeore berücksichtigte; man hat sich jedoch neuerdings von einer andern wichtigen Bedingung überzeugt, welche darauf gegründet ist, dafs die Veränderungen der Erdkruste, vermöge deren sie nach dem ursprünglichen Zustande der Glühhitze durch unbekannte Ursachen erkaltete, an verschiedenen Orten ungleich tief eingedrungen sind, in Folge dessen der Boden unter ungleichen Längengraden eine verschiedene Wärme zeigt, womit denn zugleich die Hebungen und Senkungen verschiedener Gegenden in unverkennbarem Zusammenhange zu stehn scheinen. Hiervon wird weiter unten ausführlicher gehandelt werden.

Fourier[1] hat es versucht, das Problem der Veränderungen der Bodentemperatur allgemein aufzulösen, indem er die Gesetze der Wärmeleitung zur Grundlage seines Calcüls machte. Hierfür benutzt er diejenigen, welche bei einer eisernen Kugel statt finden und welche daher auf die bei verschiedenen Erdarten geltenden keine unmittelbare Anwendung leiden. Weil wir aber weder die Wärmecapacität derjenigen Bestandtheile, woraus die obere Erdkruste besteht, noch auch ihre Wärmeleitung mit hinlänglicher Genauigkeit kennen, die Bestandtheile aufserdem an den verschiedenen Orten auf die mannigfaltigste Weise wechseln und obendrein der ungleiche Feuchtigkeitszustand den entschiedensten Einflufs ausübt, so scheint es mir überflüssig, die eleganten Formeln des grofsen Geometers hier mitzutheilen, und ich verweise deswegen auf die Abhandlung selbst oder auf die Meteorologie von Kämtz[2], wo die wichtigsten derselben zusammengestellt sind.

33) Die Resultate der Beobachtungen, welche de Saussure vermittelst eingesenkter Thermometer erhielt, sind bereits erwähnt worden[3]. Kupffer[4] theilt Messungen mit, welche Ott in

1 Mém. de l'Acad. L'Inst. de France. T. V. p. 160.
2 Lehrbuch der Meteorologie Th. II. S. 176.
3 Art. *Erde*. Bd. III. S. 987.
4 Poggendorff Ann. XXXII. 276. Blofs die mittleren Resultate

Digitized by Google

Zürich um 1760 vier Jahre hindurch angestellt hat. Die gröfsten jährlichen Aenderungen betrugen

für 0,25 Fufs Tiefe	20°,2 C.	für 3 Fufs Tiefe	13°,5 C.
— 0,5 — —	17,5 -	— 4 — —	11,7 -
— 1 — —	15,1 -	— 6 — —	9,7 -
— 2 — —	13,8 -		

Werden diese Schwankungen der Temperaturen mit denen verglichen, die an andern Orten wahrgenommen worden sind, so erscheinen sie als zu grofs, wie eine Vergleichung aufser Zweifel stellt, und wir müssen daher voraussetzen, dafs bei den Beobachtungen äufsere Einflüsse nicht hinlänglich vermieden wurden. Kupffer berechnet die erhaltenen Werthe nach der oben bereits mitgetheilten Formel, wonach die Tiefe = u, die gröfste Aenderung = v gesetzt

$$v = A''e^{-\alpha u}$$

ist. Die 5. und 7. Beobachtung geben

$$13,5 = A''e - 3\alpha,$$

$$9,7 = A''e - 6\alpha,$$

woraus $\alpha = 0,1102$, Logarithmus $\alpha = 9,04209$
$A'' = 18,79$, Logarithmus $A'' = 1,27387$

folgt. Vermittelst dieser Werthe erhält man

Tiefe	v berechnet	v beobachtet	Unterschied
0,25	18,°3 C.	20°,0 C.	+ 1°,7 C.
0,5	17,8 -	17,5 -	— 0,3 -
1,0	16,8 -	15,1 -	— 1,7 -
2	15,1 -	13,8 -	— 1,3 -
3	13,5 -	13,5 -	0,0 -
4	12,1 -	11,7 -	— 0,4 -
6	9,7 -	9,7 -	0,0 -

dieser Messungen erwähnt auch Pouillet Élémens de Physique expérimentale et de Météorologie etc. Par. 1830. T. II. p. 642. Das Minimum bei allen Thermometern von 0,5 Fufs Tiefe an setzt er in den Februar, das Maximum in den Juli oder August. Dieses ist aber nach den Resultaten meiner später zu erwähnenden Versuche unzulässig, und die Messungen geschahen daher ohne Zweifel in offenen Löchern, wohl gar in einem Brunnen, so dafs die kalte Luft sogleich einsinken konnte. In diesem wahrscheinlichen Falle haben aber die Resultate gar keinen Werth. Ich bemerke dieses, weil sie von mehreren Gelehrten, auch von Quetelet in Mémoire sur les Variations diurne et annuelle de la Température etc. Brux. 1837. p. 25. angeführt und in Rechnung genommen worden sind.

Digitized by Google

Die Grösse und die, mit Ausnahme eines einzigen, stets negativen Werthe der Unterschiede zeigen, dafs diese Beobachtungen nicht als hinlänglich genau gelten dürfen.

34) An diese Versuche reihen sich zunächst diejenigen an, welche Leslie[1] zu Edinburg in den Jahren 1816 und 1817 mit Thermometern anstellte, die in 1, 2, 4 und 8 Fufs Tiefe eingesenkt waren. Quetelet verschaffte sich vom Dr. Ure die Originalbeobachtungen, wobei sich fand, dafs die Messungen in 50 Fufs Höhe über der Meeresfläche statt fanden, zugleich aber zeigen sich bei denselben die nämlichen Lücken, die sich auch bei den Züricher Messungen finden, indem nicht bestimmt ist, ob die Thermometer an einem schattigen Orte eingesenkt waren (was Quetelet für nöthig hält), ferner fehlt die Angabe der Beobachtungsstunden und die Correction des Einflusses der Wärme auf den Faden der Flüssigkeit im langen Rohre. Inzwischen hat Quetelet die gefundenen Werthe reducirt und giebt als solche die folgenden Mittelgröfsen an:

Monat	1 Fufs.	2 Fufs.	4 Fufs.	8 Fufs.
Januar	1°,28	3°,05	4°,78	6°,69
Februar	1,86	3,33	4,61	5,75
März	2,89	3,58	4,80	5,78
April	5,75	4,67	5,55	6,22
Mai	7,45	6,67	6,66	6,72
Juni	10,78	9,83	8,52	8,22
Juli	12,56	12,09	10,78	9,34
August	10,94	11,78	10,72	9,83
September	11,28	11,11	11,06	10,19
October	7,97	9,63	9,74	9,83
November	4,72	6,81	8,14	8,10
December	2,61	4,67	6,64	7,89
Jahr	6,67	7,27	7,67	7,87

1 Diese Versuche erwähnt Pouillet a. a. O. und Kupffer in Poggendorff Ann. XXXII. 276. Beide geben die Tiefen richtig an, nennen jedoch die Quelle nicht, woraus sie geschöpft haben. Auch in der Encyclopaedia Metropolitana T. III. p. 51. werden sie angeführt, mit dem Zusatze, dafs Leslie sie als durch Ferguson unter 56° 10′ N. B. angestellt mittheile. Kämtz in Meteorologie Th. II. S. 182. hat sie gleichfalls aufgenommen, giebt aber die Tiefen zu 1, 2, 3 und 4 Fufs an und nennt als Quelle das Handwörterbuch der Chemie von Ure. Weim. 1821. S. 363, wo sich die Tiefen so, wie Kämtz sie angegeben hat, finden. Quetelet a. a. O. p. 28. sagt, er habe sich deswegen an Ure gewandt und von ihm die im Texte

Die Vergleichung giebt folgende Resultate in Centesimalgraden:

Tiefen	Maxim.	Minim.	Untersch.	Mittel
0 Fuſs	15°,20	3°,50	11°,70	9°,35
1 —	12,56	1,28	11,28	6,92
2 —	12,09	3,05	9,04	7,57
4 —	11,06	4,61	6,45	7,84
8 —	10,19	5,75	4,44	7,97

Die Maxima zeigen hierbei einen gröſseren Unterschied als die Minima, im Ganzen aber nehmen die Unterschiede mit der Tiefe ab, die ganzjährlichen mittleren Temperaturen dagegen zu, wobei jedoch als merkwürdig auffallen muſs, daſs alle niedriger sind, als die der Luft, die zu Edinburg 8°,37 C. beträgt, statt dessen für die Erdoberfläche hier 9°,35 C. als das Mittel aus beiden Extremen gefunden worden ist. Nach Fourier's Untersuchungen nehmen die Unterschiede in einer geometrischen Reihe ab, wenn die Tiefen in einer arithmetischen zunehmen, was zu folgender einfachen Formel führt:

$$\text{Log. } \Delta p = a + bp,$$

worin Δp den Unterschied der Temperatur bei einer Tiefe = p in Par. Fuſs ausgedrückt bezeichnet, a und b aber durch Erfahrung zu findende Constanten sind. Quetelet nimmt die Extreme, nämlich die Thermometerstände in freier Luft und in 8 Fuſs Tiefe, zur Bestimmung der Constanten und findet damit

$$\text{Log. } \Delta p = 1{,}06819 - 0{,}03260\,p,$$

aus deren Anwendung sich folgende Resultate ergeben:

Unterschiede der Temperaturen

Tiefen	beobachtet	berechnet	Abweichungen
0 Fuſs	11°,70	11°,70	0°,00
1 —	11,28	10,37	+ 0,91
2 —	9,04	9,18	— 0,14
4 —	6,45	7,21	— 0,66
8 —	4,44	4,44	0,00

enthaltenen Angaben erhalten, auch erwähnt er, daſs nach Whewel im fünften Berichte der brittischen Versammlung der Naturforscher diese Messungen unrichtig dem Fergusom beigelegt würden, da sie doch von Leslie herrührten; nach der Encyclop. Metrop. ist jedoch Ersterer der eigentliche Beobachter, Letzterer nur der Referent.

Digitized by Google

Hiernach betrüge die Tiefe, bei welcher die jährliche Aenderung noch 1° C. ausmacht, 20,3 Fuſs, für eine Aenderung von 0°,1 aber 39,3 F. und für 0°,01 C. 58,3 Fuſs, woraus dann ferner folgt, daſs in Gemäſsheit der oben gegebenen Bestimmungen die täglichen Aenderungen in $\frac{58,3}{19} = 3,0$.. Fuſs verschwinden würden.

35) Herrenschneider[1] maſs zu Straſsburg in den Jahren 1821, 1822 und 1823 die Temperatur mit einem bis 15 Fuſs Tiefe eingesenkten Thermometer und erhielt folgende Resultate:

Monat	1821	1822	1823	Mittel
Januar	7°,18	8°,91	6°,56	7°,55
Februar	5,62	8,12	6,73	6,82
März	7,57	8,43	7,35	7,78
April	7,50	9,00	7,97	8,16
Mai	7,96	9,85	9,37	9,06
Juni	9,20	10,75	10,93	10,29
Juli	9,68	11,25	10,62	10,52
August	10,77	12,08	11,56	11,47
September	11,25	12,18	11,25	11,56
October	11,09	11,43	10,93	11,15
November	10,47	10,00	9,37	9,95
December	9,83	7,35	9,53	8,90
Jahr	9,01	9,94	9,34	9,43

Die Art, wie diese Messungen angestellt wurden, ist mir nicht genau bekannt, inzwischen sind die Unterschiede der einzelnen Jahre weit gröſser, als sie in dieser Tiefe seyn könnten, wenn das Thermometer in den Boden gesenkt und umher zugeschüttet gewesen wäre, in welchem Falle dann der Einwurf von Quetelet, daſs bei dieser Tiefe der Einfluſs der ungleichen Wärme auf den Faden der Flüssigkeit in dem langen Rohre eine Correction erfordern würde, allerdings statthaft wäre. Vielleicht wurden die Messungen bloſs durch Herablassen eines trägen Thermometers in einen 15 Fuſs tiefen Brunnen angestellt, wie solche durch Herrenschneider ausgeführte anderweitig bekannt sind; auf jeden Fall darf man nur entfernt genäherte Resultate erwarten. Quetelet findet

1 Pouillet Éléments de Physique T. II. p. 644. Daraus Quetelet a. a. O. p. 32.

Digitized by Google

indefs, indem er + 17°,0 und — 2°,0 als die Extreme der mittleren monatlichen Temperatur der Luft annimmt,

$$\Delta p = 1,27875 - 0,04020\, p,$$

wonach die jährlichen Aenderungen in 31 Fufs Tiefe noch 1° C., in 56 F. 0°,1 und in 81 Fufs 0°,01 C. ungefähr wie in Zürich betragen, die täglichen Veränderungen sich aber bis 4 Fufs Tiefe erstrecken würden.

36) Rudberg[1] senkte zu Stockholm Thermometer 1, 2 und 3 Fufs tief in die Erde, liefs den Einflufs des Aufgrabens erst vorübergehn und beobachtete dann den Gang derselben. Die erhaltenen monatlichen Mittel sind

	Monate	1 Fufs.	2 Fufs.	3 Fufs.
1833	Juli	15°,86	15°,00	13°,87
	August	13,12	13,03	12,88
	September	12,18	12,01	11,93
	October	8,97	9,08	9,59
	November	3,89	4,62	5,67
	December	0,81	1,77	2,78
1834	Januar	— 1,51	— 0,42	0,40
	Februar	— 0,38	— 0,02	0,24
	März	0,35	0,63	0,80
	April	3,36	3,02	2,74
	Mai	8,90	8,09	7,28
	Juni	13,65	12,50	11,29

Die Mittel für die einzelnen Thermometer sind 6°,60 C., 6°,61 C. und 6°,62 C., wonach also 0°,02 für 2 Fufs Tiefenunterschied gehören, welches eine Tiefe von 100 Fufs für eine Wärmezunahme von 1° C. giebt, ein mit anderweitigen Bestimmungen so genau übereinkommendes Resultat, dafs schon hierdurch allein die Vorzüglichkeit der Messungen hinlänglich verbürgt wird. Die Formel für die Gröfse der den Tiefen = p in Par. Fufs zugehörigen Schwankungen des Thermometers ist

$$\text{Log. } \Delta p = 1,2924517 - 0,0526519\, p$$

1 Poggendorff Ann. XXXIII. 251. Seitdem sind auch die im ganzen Jahre 1834 fortgesetzten Messungen bekannt geworden. S. ebend. XXXIX. 111. Hiernach gaben die drei Thermometer im Mittel 6°,992; 6°,989 und 7°,000 C., woraus Rudberg folgert, dafs man im Mittel 7° C. für die Bodentemperatur annehmen könne und die Tiefe zur Wahrnehmung eines Unterschiedes zu gering sey. Ich wollte indefs die aufgestellte Berechnung hiernach nicht abändern, da eingesenkte Thermometer im Verlaufe der Zeit unrichtig werden können und die frühesten Messungen daher die sichersten sind.

Digitized by Google

und vermittelst dieser erhalten wir

Tiefen	Schwankungen beobachtet	Schwankungen berechnet	Unterschiede
1 Fuſs	17°,37	17°,37	0,00
2 —	15,42	15,39	0,03
3 —	13,63	13,63	0,00

Setzt man p = 0, so giebt dieses die Schwankung der Temperatur an der Oberfläche oder eigentlicher der Lufttemperatur, welche hiernach zu Stockholm 19°,59 C. betragen müſste [1], und sucht man denjenigen Werth von p oder diejenige Tiefe, wobei die jährlichen Schwankungen nur noch 1° C. betragen, so geben die vorliegenden Messungen hierfür 24,55 Fuſs, bei welcher Tiefe allerdings auch nach anderweitigen Messungen die jährlichen Schwankungen nicht gröſser sind; im Ganzen aber ist die Tiefe von 3 Fuſs zu gering, um aus den erhaltenen Resultaten diese Gröſse mit Genauigkeit zu entnehmen.

37) Die bis jetzt bekannt gewordenen schätzbarsten Beobachtungen dieser Art sind diejenigen, welche Quetelet [2] angestellt hat, indem er neben der Sternwarte zu Brüssel 7 Thermometer von geeigneter Länge in ungleiche Tiefen senkte und ihre Angaben mit einem den Boden berührenden und einem in freier Luft hängenden verglich. Indem diese Thermometer mit Weingeist gefüllt waren und bis zu so bedeutenden Tiefen hinabgingen, so war es nöthig, die Grade derselben für den Einfluſs der Wärme auf die Flüssigkeitssäule in den langen Röhren zu corrigiren. Arago [3] bewerkstelligt

1 Die wirklichen Schwankungen an der Erdoberfläche oder der Lufttemperatur sind unter mittleren und höheren Breiten weit gröſser, als sie hiernach gefunden werden.

2 Mémoire sur les Variations diurne et annuelle de la Température et en particulier de la Température terrestre à différentes profondeurs, d'après les observations faites à l'Observatoire de Bruxelles par A. Quetelet. Brux. 1837. 4. Vergl. Bullet. de l'Acad. Roy. des Sc. et bell. Lett. de Bruxelles 1836. N. 3. p. 75. L'Institut 1837. N. 217. p. 227. Correspond. math. et phys. T. VIII. Cah. 5. p. 303. Poggendorff Ann. XXXV. 140.

3 Nach einer schriftlichen Mittheilung an Quetelet.

dieses durch ein empirisches Verfahren, indem er mit Weingeist gefüllte Röhren von gleicher Länge und gleichem Caliber, als die der Thermometer, neben letzteren einsenkt und die an ihnen gemessenen Veränderungen als Correctionsgröſsen benutzt, Quetelet dagegen stellte die Thermometer in eine Reihe neben einander, erhielt durch diese die Temperaturen der zunehmenden Schichten, nahm aus den an den Grenzen dieser Schichten gemessenen Temperaturen das Mittel als die Temperatur der ganzen Schicht und fand hieraus die den zugehörigen Längen der Röhren in Gemäſsheit der Ausdehnung des Weingeistes (= 0,0011 der Länge für jeden Grad der Centesimalscale) zukommenden Aenderungen, deren Summe dann die Correction gab. Die gröſste Correction war für das 3,9 Meter tief eingesenkte Thermometer im December erforderlich und betrug 0°,83 C. der Scale; da aber die Correction bald positiv, bald negativ ist, so gleichen sich diese Gröſsen aus und die mittlere im ganzen Jahre erreicht daher auch bei dem genannten Thermometer, wo sie gleichfalls am gröſsten ist, nur 0°,19. Bei der Anwendung dieser Correction ist nothwendige Bedingung, daſs die Röhre ein gleiches Caliber habe, weil sonst die Ausdehnung des Flüssigkeitsfadens in den unteren Theilen von der im Raume der Scale verschieden seyn würde; es ist aber kaum möglich, so lange Röhren von gleichem Caliber im Ganzen oder aus einzelnen Stücken zusammengesetzt zu erhalten. Wie diesem Hindernisse begegnet worden sey, finde ich nicht angegeben; da aber die Thermometer vor Saigy mit groſser Sorgfalt verfertigt waren, so läſst sich erwarten, daſs dieser und hauptsächlich Quetelet einen so wichtigen Umstand nicht übersehn habe.

Diese wegen ihrer Genauigkeit und ihres Umfanges höchst wichtigen Versuche verdienen auch hier eine ausführliche Erörterung, um so mehr, als eine Wiederholung derselben an sonstigen Orten unter anderen Breiten der Wissenschaft von groſsem Nutzen seyn würde. Die Messungen der Temperatur im Freien geschahen um 9 Uhr Morgens, bei den eingesenkten um Mittag; auch wird im ersten Berichte bemerkt, daſs die Tiefen wegen zunehmender Einsenkung in Folge eines anhaltenden Regens corrigirt werden muſsten, worin wohl die Ursache liegen mag, daſs die Messungen im ersten Jahre nicht vollständig sind. Die mittleren jährlichen Temperaturen in den 3 Jahren sind folgende:

Digitized by Google

Tiefe d. Thermometer	1834	1835	1836	Mittel
In freier Luft . . .	12°,10	10°,70	10°,30	11°,03
Oberfläche der Erde	11,11	9,60	9,00?	9,90
0,58 Fufs Tiefe	10,49	9,60	9,36	9,82
1,38 — —	10,81	10,05	9,66	10,17
2,31 — —	11,19	10,50	9,98	10,56
3,08 — —	11,59	11,02	10,47	11,03
6,00 — —	—	11,63	—	11,63
12,00 — —	—	12,23	11,87	12,05
24,00 — —	—	12,06	12,06	12,06

Hierbei ist auffallend, dafs in etwas mehr als einem halben Fufs unter der Oberfläche das Minimum der Temperatur und eine geringere Wärme als im Freien gefunden wurde, was nach meinen demnächst zu erwähnenden Versuchen als eine Folge der steten Beschattung des Ortes der Thermometer zu betrachten ist, aber noch auffallender ist die über 2° C. betragende Zunahme der Wärme in der Tiefe von 24 Fufs, die Quetelet von einer Verrückung des Nullpunctes der Scale abzuleiten geneigt scheint; allein dann bliebe unbegreiflich, warum sich blofs bei den tiefsten Thermometern diese Veränderung gezeigt haben sollte. Aufserdem aber dringt sich die Bemerkung auf, dafs von 12 bis 24 Fufs Tiefe keine Zunahme der Temperatur, im Ganzen nur eine sehr unbedeutende und im Jahr 1835 sogar eine geringe negative zum Vorschein kommt[1].

Unter die aus den Beobachtungen abzuleitenden Resultate gehören zuerst die genauen Zeiten der Maxima und Minima, deren Bestimmung jedoch schwer ist, weil die tieferen Thermometer meistens eine geraume Zeit stationär bleiben. Que-

1 Quetelet sieht als nothwendige Bedingung an, die Thermometer an einem beschatteten Orte einzusenken; ich gestehe indefs, dafs mir dieses zweifelhaft scheint, denn der natürliche Zustand ist, dafs die Erdoberfläche von der Sonne beschienen wird, wenn auch die Pflanzen dieses eine Zeit lang und Bewaldung beständig, jedoch nur theilweise, hindert. Meine demnächst zu erwähnenden Beobachtungen geben auch hierüber einige Erfahrungen an die Hand. Boussingault's Tadel, dafs man bei ähnlichen Versuchen in Europa die äufseren Einflüsse nicht vermieden habe, Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 227, ist daher ungegründet.

Digitized by Google

TELET betrachtet daher die Curve der Temperaturen als eine Apollonische Parabel und bestimmt aus deren Coordinaten die Zeit und Gröfse des Maximums und des Minimums. Hiernach sind zuerst die Zeiten der höchsten Temperaturen für die sämmtlichen Thermometer in den drei Jahren:

Epoche des Maximums der Temperaturen.

Tiefen	1834	1835	1836	Mittel
0 Fufs	19,5 Juli	24,2 Juli	15,0 Juli	19,6 Juli
0,58 —	26,1 —	2,0 Aug.	16,8 —	25,3 —
1,38 —	4,3 Aug.	10,2 —	21,6 —	1,7 Aug.
2,31 —	10,2 —	15,2 —	25,6 —	6,7 —
3,08 —	13,9 —	18,3 —	28,5 —	9,9 —
6,00 —	4,3 Sept.	7,9 Sept.	. . .	6,1 Sept.
12,00 —	8,1 Oct.	8,1 Oct.	12,2 Oct.	8,7 Oct.
24,00 —	11,7 Dec.	3,0 Dec.	19,8 Dec.	11,5 Dec.

Epoche des Minimums der Temperaturen.

Tiefen	1835	1836	Mittel
0 Fufs	9,0 Jan.	27,3 Dec.	2,7 Jan.
0,58 —	17,0 —	21,4 Jan.	19,2 —
1,38 —	23,6 —	22,6 —	23,1 —
2,31 —	10,0 Febr.	24,2 —	1,6 Febr.
3,08 —	18,6 —	28,8 —	9,2 —
6,00 —	19,2 März	. . . . .	19,2 März
12,00 —	20,1 April	4,0 April	12,0 April
24,00 —	15,9 Juni	15,9 Juni	13,8 Juni

Von beiden Extremen gingen die Thermometer zum mittleren Stande über. Wird die Epoche des Mittels vom Minimum an durch Rechnung bestimmt, so erhält man folgende Termine:

Digitized by Google

Tiefen	1834	1835	1836	Mittel
0 Fufs	29 April	23 April	8 Mai	30 April
0,58 —	3 Mai	7 Mai	15 —	8 Mai
1,38 —	7 —	11 —	18 —	12 —
2,31 —	9 —	17 —	21 —	16 —
3,08 —	23 —	22 —	23 —	23 —
6,00 —	. . . . .	14 Juni	. . . . .	. . . . .
12,00 —	. . . . .	14 Juli	12 Juli	13 Juli
24,00 —	. . . . .	10 Sept.	10 Sept.	10 Sept.

Wird aber die Epoche des Mittels vom Maximum an bestimmt, so giebt dieses folgende Termine:

Tiefen	1834	1835	1836	Mittel
0 Fufs	11 Octob.	12 Oct.	23 Octob.	15 Octob.
0,58 —	18 —	17 —	28 —	20 —
1,38 —	28 —	21 —	13 Nov.	31 —
2,31 —	1 Nov.	30 —	10 —	3 Nov.
3,08 —	8 —	2 Nov.	10 —	7 —
6,00 —	. . . . .	8 Dec.	1 Dec.	5 Dec.
12,00 —	11 Januar	2 Jan.	18 Jan.	10 Januar
24,00 —	. . . . . .	6 März	15 März	11 März

Die mittlere Wärme bedarf also, um von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 24 Fufs wiederhergestellt zu werden, 133 Tage vom 30sten April bis 10. September und 146 Tage vom 15ten October bis zum 11ten März, zu Erzeugung des Maximums aber werden 145 und zu der des Minimums 151 Tage erfordert, das Mittel aus allen diesen Bestimmungen giebt 144 Tage als die Zeit, welche die Wärme gebraucht, um den Raum von 24 Fufs zu durchdringen, woraus für 1 Fufs eine Zeit von 6 Tagen folgt. Aus dem mittlern Resultate für alle Thermometer geht aber hervor, dafs diese Zeit zwischen 6 und 7 Tagen beträgt. Die Maxima und Minima, welche an den ungleich tiefen Thermometern beobachtet wurden, sind folgende:

Digitized by Google

Tiefen	Maxima 1834	1835	1836	Mittel	Minima 1835	1836	Mittel
0,58 Fuſs	18°,17	16°,92	16°,10	17°,06	4°,54	3°,03	3°,78
1,38 —	18,05	16,89	15,80	16,91	5,31	3,62	4,47
2,31 —	17,89	16,74	15,67	16,77	6,34	4,48	5,51
3,08 —	17,93	16,75	15,55	16,74	7,10	5,23	6,16
6,00 —	16,15	15,59	....	15,87	8,56	7,99	8,28
12,00 —	14,93	14,60	13,99	14,51	10,20	9,85	10,02
24,00 —	12,65	12,89	12,76	12,77	11,34	11,35	11,34

Die mittlere Temperatur aus dem Maximum und Minimum wächst mit der Tiefe, ist aber in 0,58 F. Tiefe geringer, als die mittlere der Luft in den 3 Jahren dieser Beobachtungen [1]. Als allgemeine Folgerungen aus diesen Messungen sind daher folgende Resultate zu betrachten: 1) die Temperatur in einiger Tiefe unter der Oberfläche der Erde ist geringer, als nahe über derselben; 2) das Minimum der Temperatur liegt zwischen der Oberfläche und etwa 1 Fuſs Tiefe; 3) vom Minimum an wächst die Temperatur mit der Tiefe, aber in einem stärkeren Verhältnisse, als wenn man bis zu gröſseren Tiefen hinabkommt. Alle diese drei Folgerungen dürften aber mit theoretischen Gründen nicht wohl übereinstimmen und harmoniren auſserdem nicht mit andern, namentlich meinen eigenen Versuchen, allein bei der unbezweifelten Genauigkeit der Messungen und Rechnungen ist es kaum möglich, auch nur muthmaſsliche Gründe zur Erklärung dieser Abweichung anzugeben. Was ich hierüber zu äuſsern wagen möchte, wäre etwa Folgendes. Zuerst ergiebt

1 Es ist merkwürdig, daſs auch Crahay in den Höhlen des Petersberges bei Maestricht eine geringere Temperatur fand, als die mittlere der Luft daselbst. Letztere ist 9°,95 C., allein am 2ten März 1822 zeigte ein Thermometer im Innern des Berges in der Luft 8°,5, im Boden 8°,4; am 12ten Juli zeigten beide 8°,9 und am 10. Jan. 1823 ersteres 8°,5, letzteres 9°,0. Ein ganz ähnliches Resultat hatte schon van Swinden in den Jahren 1782 u. 1792 daselbst erhalten. Crahay findet die Hauptursache dieser Anomalie in der starken Verdunstung als Folge der daselbst vorwaltenden Feuchtigkeit, allein da der gebildete Wasserdampf durch Luftzug nicht fortgeführt wird, so müſste das Gleichgewicht bald wieder hergestellt seyn. Mir scheint der Grund darin zu liegen, daſs die specifisch schwerere kalte Luft in solche unterirdische Höhlen hineinflieſst, die leichtere warme aber wohl ausströmt, aber nicht wieder hineinsinkt. S. Mémoire sur la Météorologie, par J. G. Crahay (von 1837), p. 11.

sich eben hieraus, dafs solche Thermometer nicht an Orten eingesenkt werden dürfen, die sich stets in dichtem künstlichem Schatten befinden; zweitens aber ist fraglich, ob der ohnehin zur Thermometrie wenig geeignete Weingeist in so langen Instrumenten hinlängliche Genauigkeit gebe und ob nicht der Druck der Erdschichten auf die Gefäſse der Thermometer einen mit der Tiefe zunehmenden Einfluſs geäuſsert habe. Andere aus dem Verhalten der Erdwärme zu entnehmende Vermuthungen sind allzukühn, als daſs ich sie auszusprechen wagte.

Inzwischen sind diese Versuche höchst werthvoll, um das Gesetz der mit der Tiefe abnehmenden jährlichen Variationen zu bestimmen, weil dabei nur der relativ richtige Gang der einzelnen Thermometer in Betrachtung kommt. Quetelet nimmt zur Lösung dieser Aufgabe die durch den Calcül aus den monatlichen Mitteln gefundenen Maxima und Minima statt der an einzelnen Tagen erhaltenen einzelnen, sofern bei jenen auch die längere Dauer als Function mit aufgenommen wird. Die angegebene Gleichung wird dann aus den für die beiden längsten Thermometer gefundenen Werthen[1]

$$\text{Log.}\,\Delta p = 1{,}15108 - 0{,}04149p,$$

welche für $p = 0$ die jährliche Variation an der Oberfläche $= 14^\circ{,}16$ C. weit geringer, als die Beobachtung, giebt, statt daſs für Paris der umgekehrte Fall statt findet. Die jährliche Variation beträgt für 24 Fuſs nicht mehr als $1^\circ{,}43$ und nach der Formel für 27,7 Fuſs 1° C., für 51,8 Fuſs $0^\circ{,}1$ und für 75,9 Fuſs $0^\circ{,}01$ C., so daſs also die jährlichen Schwankungen in dieser Tiefe zu verschwinden anfangen. Dieses stimmt sehr gut damit überein, daſs die Temperatur in einem 60 Fuſs tiefen Brunnen unter der Sternwarte zu Brüssel in den Jahren 1834 und 1835 keine meſsbare Aenderung zeigte. Quetelet stellt die Resultate der bisherigen Messungen zusammen und findet für die verschiedenen Orte folgende Werthe:

---

1 Für alle Thermometer nach der Methode der kleinsten Quadrate wird die Formel $\text{Log.}\,\Delta p = 1{,}14833 - 0{,}04140$, woraus eine genaue Uebereinstimmung der einzelnen Resultate unter einander hervorgeht.

Digitized by Google

Orte	1°,00	0°,10	0°,01
Edinburg .	20,3 Fuſs	39,3 Fuſs	58,3 Fuſs
Upsala . .	24,6 —	43,5 —	62,5 —
Zürich . . .	27,3 —	49,5 —	71,4 —
Straſsburg	31,0 —	56,0 —	81,0 —
Paris . . .	28,0 —	48,5 —	68,9 —
Brüssel . .	27,7 —	51,8 —	75,9 —

wonach es scheint, daſs mit zunehmenden Breiten die jährlichen Variationen minder tief eindringen; allein zur Feststellung dieser Regel sind noch nicht genügende Beobachtungen vorhanden.

38) Quetelet versucht den jährlichen Gang der Temperatur durch Polar-Coordinaten auszudrücken, wobei die 360 Grade des Kreises den Tagen des Jahres angepaſst werden und ein Monat den Werth von 30° erhält. Heiſst dann y die Höhe des Thermometers in der durch x bezeichneten Epoche, so wäre

$$y = A + B \,\mathrm{Sin.}\,(x + C)$$

der analytische Ausdruck, in welchem C, A und B durch Beobachtungen gefunden werden müssen, wenn A die mittlere Temperatur des Jahres für das gegebene Thermometer, B den halben Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum bezeichnet und C von dem Zeitmomente an gezählt wird, wo die mittlere jährliche Temperatur statt findet. Weil aber die Periode der mittleren Temperatur zweimal wiederkehrt, so muſs ein gleicher Abstand vom Maximum und Minimum statt finden. Bezeichnet dann x' das Maximum, wonach $x' + C = 90°$, so muſs $180° + x'$ nothwendig das Minimum geben, und man erhält für das Maximum:

$$y = A + B \,\mathrm{Sin.}\,(x' + C) = A + B$$

und für das Minimum

$$y = A + B \,\mathrm{Sin.}\,(180° + x' + C) = A - B.$$

Diese Formel für das 24 Fuſs tiefe Thermometer benutzt erhält folgende Constanten: die mittlere Temperatur für 1835 und 1836 betrug 12°,06 = A; der Unterschied des Maximums und Minimums war 12°,8 — 11°,34 = 1°,46, wovon die Hälfte = 0°,73 = B; endlich aber fiel die mittlere Temperatur auf den 11ten März und 10ten Sept., das Maximum auf den 11,5ten

December, das Minimum auf den 13,8ten Juni. Wird der 10te September als Epoche der mittleren Temperatur angenommen, so erhält man bis ans Ende des Jahres 3 Monate und 20 Tage und die Formel wird:

$$y = 12^\circ{,}06 + 0^\circ{,}73 \,\text{Sin.}\,(110^\circ + x).$$

Die hiernach für die einzelnen Monate des ganzen Jahres berechneten Werthe mit den beobachteten verglichen geben als gröfste Differenz nur 0°,08 C.; für das 12 Fufs tiefe steigt sie bis 0°,25 und für das 6 Fufs tiefe bis 0°,55 C.

39) Gleich wichtige Resultate, als die eben mitgetheilten sind und als diejenigen seyn werden, welche fortgesetzte Beobachtungen zu Brüssel versprechen, darf das Publicum mit Grunde von Paris erwarten, wo Arago bereits im Jahre 1825 gleichfalls Weingeistthermometer in ungleiche, bis 25 Fufs zunehmende Tiefen eingraben liefs[1]. Bis jetzt ist hierüber nur dasjenige bekannt geworden, was Poisson[2] mitgetheilt hat. Dieser bemerkt, dafs die Beobachtungen nicht für den Einflufs der ungleichen Temperatur der Flüssigkeit in der langen Röhre und die etwaige Veränderung des Nullpunctes corrigirt seyen, mit welcher Correction man sich gegenwärtig beschäftige, dafs aber auf jeden Fall die Gröfse der hieraus entspringenden Fehler nicht bedeutend seyn könne. Von den zu Gebote stehenden vierjährigen Beobachtungen hat Poisson blofs die Hauptresultate benutzt, um sie seiner Theorie über die Wärmeleitung anzupassen. Daher giebt er an, dafs in den Tiefen von 2 bis 8 Meter die Perioden des Maximums und Minimums ungefähr 6 Monate von einander abstanden und in den einzelnen Jahren nur unbedeutend verschieden waren, dafs der Unterschied ihrer absoluten Werthe in der geringsten Tiefe etwas über 1° C., in der gröfsten aber nur 0°,1 betrug. Die Ursache hiervon soll hauptsächlich von der Einwirkung der Sonne herrühren und daher die Wirkung in gröfserer Tiefe verschwinden, was jedoch auch dann der Fall seyn mufs, wenn die übrigen Bedingungen der wechselnden jährlichen Temperaturen berücksichtigt werden. Ohne die gebrauchten Formeln hier ausführlich mitzutheilen möge es genügen zu bemerken, dafs, wenn der jährliche Unterschied zwischen dem Maximum

---

1 Ann. Chim. Phys. XXX. 398.

2 Théorie mathématique de la Chaleur. Par. 1835. 4. p. 500.

und Minimum für eine Tiefe $= x$ in Metern durch H bezeichnet wird, für eine andere $= x'$ aber durch H', alsdann nach Poisson

$$H' = He^{-\frac{(x'-x)\sqrt{\pi}}{a}}$$

seyn wird, worin a eine von der Leitungsfähigkeit der Erdart abhängende Constante ist. Nach den Beobachtungen beträgt dieser Unterschied für 8,121 Meter Tiefe $= 1°,414$ C. und für 6,497 Meter $= 2°,482$ C., welche Werthe substituirt

$$1°,414 = 2°,482 \cdot e^{-\frac{1,624\sqrt{\pi}}{a}}$$

geben, woraus $a = 5,11655$ gefunden wird. Die Maxima und Minima fielen in der gröfsten Tiefe ungefähr auf den 18ten December und 13ten Juni, in der geringsten auf den 15ten Nov. und 10ten Mai, wonach also die Maxima 272 und 239, die Minima aber 84 und 50 Tage nach dieser Epoche fallen. Quetelet[1] hat die erhaltenen Resultate mit andern durch Reduction derselben auf Fufse vergleichbar gemacht. Im Mittel aus den 4 Jahren beträgt der Unterschied des Maximums und des Minimums der jährlichen Temperaturen für 20 Fufs 2°,482 und für 25 Fufs 1°,414 C., und diese Werthe geben in der Formel die Constanten:

$$\Delta p = 1,86348 - 0,04856\,p\,,$$

woraus dann folgende Zusammenstellung hervorgeht:

Tiefen	Temperaturen beobachtet	berechnet	Unterschiede
0 Fufs ... 0 Met.	16°,870	23°,569	— 6°,699
5 — ... 1,624	13,017	13,429	— 0,412
10 — ... 3,248	7,800	7,650	+ 0,150
20 — ... 6,497	2,482	2,482	0,000
25 — ... 8,121	1,414	1,414	0,000

Die Unterschiede sind für die eingesenkten Thermometer unbedeutend, dagegen weicht bei dem in freier Luft aufgehängten Thermometer das Resultat der Rechnung von dem der Be-

1 A. a. O. p. 38 ff.

obachtung merklich ab[1]. Die Formel giebt 1° jährlicher Schwankung in 28,06 Fuſs Tiefe, 0°,1 C. in 49,47 F. und 0°,01 C. Schwankung in 67,8 F. Tiefe.

40) Ich selbst faſste im Jahre 1820 den Entschluſs, den Gang der Temperatur an der unmittelbaren Oberfläche des Bodens und zugleich sowohl in einiger Tiefe unter, als auch in einiger Höhe über derselben genau zu beobachten. Zu diesem Ende senkte ich hier in Heidelberg in einem rundum eingeschlossenen, aber der freien Luftströmung im Neckarthale ausgesetzten Garten drei Thermometer in die Erde ein. Der Boden besteht bis 1,5 Fuſs Tiefe aus schwerer Dammerde und weiter unten aus sogenanntem schwerem Thonboden. Die Thermometer, mit Quecksilber gefüllt, haben unten einen weiten und langen Cylinder von dickem Glase, welcher bei dem längsten 1,5 Zoll lang und fast 0,5 Zoll weit ist, bei den folgenden verhältniſsmäſsig kleiner; an die Cylinder sind die feinsten Haarröhrchen angeschmolzen, in denen der Quecksilberfaden kaum wahrnehmbar ist, für die Scale ist eine weitere Röhre angeschmolzen und die Grade sind auf diese mit Fluſssäure geätzt. Die Thermometer wurden in einen ausgehöhlten, aus zwei Hälften bestehenden hölzernen Cylinder gelegt, so daſs sie unten auf Baumwolle ruhten und die Quecksilbergefäſse durch zwei Einschnitte in das Holz dem freien Zutritte des Erdbodens fast ihrer ganzen Dicke nach ausgesetzt waren. Nach Bohrung der zur Aufnahme dieser Thermometer bestimmten Löcher wurden sie mit ihren durch Eisendraht zusammengebundenen Hüllen so eingesenkt, daſs die hervorragenden Scalen bequem durch Einschnitte in den hölzernen Cylindern abgelesen werden konnten, der freie Raum um dieselbe aber wurde mit grobem Sande ausgefüllt; die Beobachtungen geschahen anfangs mehrmals an einem Tage, nachher meistens täglich, leider aber entstanden später in Folge vielfältiger Abhaltungen in einzelnen Monaten nicht unbedeutende Lücken, weswegen die Resultate nicht den vollen Werth haben, den sie hätten erlangen können. Gegen die anhaltende directe Einwirkung der Sonnenstrahlen waren die Thermo-

---

1 Ebendieses wurde oben §. 36. für Stockholm bemerkt, und fand auch zu Brüssel statt. Die Temperatur der Luft ist ungleich schwankender, als die der Erde selbst nur in 0,5 Fuſs Tiefe.

meter durch eine an der Südseite befindliche Weinhecke geschützt, doch fielen die Sonnenstrahlen zuweilen durch die Blätter und der Luftzug durch diese war genügend frei. Uebrigens war die Construction der Thermometer mit einem weiten Gefäfse, einer diesem angemessenen grofsen Weite des Quecksilberfadens in dem oberen Theile der Röhre, worauf die Scale geätzt ist, und den feinen zwischen beiden befindlichen Haarröhrchen absichtlich gewählt, um den Einflufs der ungleichen Temperatur auf die Ausdehnung dieses zwischenliegenden feinen Quecksilberfadens verschwinden zu machen; auch zeigte sich, als die Gefäfse aller drei Thermometer in Wasser getaucht und ihr Gang mit einem andern genauen Thermometer zwischen 5° bis 20° R. verglichen wurde, keine Abweichung, soweit die allerdings des bequemen Ablesens wegen etwas dicken Theilstriche wahrzunehmen gestatteten. Zur Vergleichung mit dem Gange dieser Thermometer beobachtete ich gleichzeitig mit ihnen, aber willkürlich an verschiedenen Tagen und wechselnden Stunden, in der Regel jedoch um 10 Uhr Morgens, ein Thermometer, dessen Kugel ich unter die Oberfläche der lockeren Gartenerde so schob, dafs sie eben bedeckt wurde, ein zweites, welches in zwei Fufs Höhe über dem Boden an der Nordseite eines 4 Fufs hohen und 3 Zoll dicken verticalen Pfahles gegen den Einflufs der Sonnenstrahlen geschützt, dagegen den Strömungen der über den Boden hinstreichenden Luft frei ausgesetzt war, sofern nicht einzelne Sträuche und Gräser oder Pflanzen in naher Umgebung dieses hinderten, ferner ein drittes, dessen Kugel ich in eine enge, frisch gemachte und zwei Zoll tiefe Oeffnung im Boden an einer Stelle des nämlichen Gartens einsenkte, welche das ganze Jahr hindurch im Schatten eines Hauses und einer Mauer bleibt, übrigens aber dem freien Zutritte der Luft von der Seite des Gartens ausgesetzt ist, endlich ein an der Nordseite eines Gebäudes, welches einen Theil der Begrenzung des Gartens bildet, in 28 Fufs Höhe über dem Boden frei aufgehangenes Thermometer[1]. Die auf

---

1 Im Winter waren die Beobachtungen wegen der kurzen Tage und des schlechteren Wetters beschwerlich, im Mai und hauptsächlich im Juni hinderte mich ein Rheumatismus am Beobachten, auch war das ganze Verfahren zusammengesetzter, als dafs es einem Stellver-

diese Weise während eines ganzen Jahres erhaltenen Resultate enthält die nachfolgende Tabelle in Graden der achtzigtheiligen Scale.

---

treter überlassen werden konnte. Dieser Umstand nimmt den Registern, in denen übrigens das Verhalten der Witterung im Einzelnen sehr ausführlich aufgezeichnet worden ist, einen großsen Theil ihres Werthes. Später fehlte mir die Zeit für so vollständige Aufzeichnungen.

Digitized by Google

Monat. 1820	Zahl der Beob.	Die Thermometerkugel berührt den Boden			Thermometerkugel 1 bis 2 Z. tief in stets beschattetem Boden			Thermometer zwei Fuſs über dem Boden			Thermometer im Schatten 28 Fuſs üb. dem Boden		
		Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
October	8	14°,0	7°,4	9°,35	9°,6	3°,3	6°,81	11°,2	6°,4	8°,36	11°,0	4°5	8°,17
Novemb.	11	7,0	—1,0	1,73	6,5	—1,0	1,63	8,0	—4,0	1,70	8,0	—3,8	1,93
Decemb.	5	5,7	—6,2	—1,42	5,6	—6,5	—1,66	6,2	—6,5	—1,76	6,2	—6,6	—1,78
Januar	7	6,2	—5,0	0,94	6,2	—5,0	0,85	6,8	—5,8	1,27	7,0	—5,8	1,52
Februar	6	0,1	—2,0	—0,31	0,0	—4,1	—1,31	2,6	—2,0	0,40	3,0	—1,8	0,70
März	5	17,0	2,7	7,82	9,4	2,5	5,68	13,0	2,5	7,00	12,5	2,5	7,00
April	11	26,0	7,0	14,27	17,0	6,5	9,70	20,6	7,5	12,54	20,6	7,6	12,36
Mai	5	28,0	13,5	18,70	15,0	7,8	11,04	17,5	9,5	13,94	16,5	9,5	13,66
Juni	1	14,5	14,5	14,50	12,5	12,5	12,50	13,5	13,5	13,50	13,5	13,5	13,50
Juli	13	31,5	12,4	17,22	14,0	11,4	13,10	20,0	10,8	14,97	19,0	11,2	14,97
August	27	21,5	11,5	16,19	15,0	11,2	13,43	18,5	11,0	14,77	19,5	12,0	15,44
Septemb.	11	23,5	14,1	18,61	14,2	11,2	12,82	21,3	13,3	16,02	21,0	13,5	16,16
Jahr	110	16,25	5,72	9,80	10,41	4,15	7,05	13,26	4,67	8,56	13,15	4,69	8,63

41) Aus diesen im Ganzen 440 Beobachtungen liefsen sich vielleicht manche interessante Folgerungen ableiten, jedoch steht jeder theoretischen Begründung das Hindernifs im Wege, dafs die Aufzeichnung der Thermometergrade zwar bei allen dreien gleichzeitig, aber weder stets an gleichen Stunden des Tags, noch auch an bestimmten Tagen der Monate geschah. Inzwischen scheint mir aus der Vergleichung doch unverkennbar hervorzugehn, dafs die Bodentemperatur durch die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen bedeutend erhöht wird und diejenigen Länder daher eine niedrigere mittlere Temperatur haben, in denen der Boden stark beschattet ist, woraus die frühere gröfsere Kälte des stärker bewaldeten Deutschlands erklärlich wird. Dagegen ist die mittlere Temperatur in 2 Fufs Höhe und in 28 Fufs Höhe sich gleich, da der unbedeutende Unterschied von 0,07 innerhalb der Fehlergrenze liegt. Ein merkwürdiges Resultat stellt sich aber heraus, wenn man aus den Mitteln der drei ersten und der drei folgenden Columnen wieder das Mittel nimmt, wonach man für das Maximum 13°,33 R., Minimum 4°,93 und Medium 8°,42, mit den Mitteln der beiden folgenden Abtheilungen sehr genau übereinstimmend, erhält, woraus hervorgeht, dafs die gröfsere Erwärmung durch die directen Sonnenstrahlen durch die gröfsere Abkühlung in Folge der Beschattung genau compensirt wird. Das Mittel der vereinten ersten und zweiten und der beiden letzten Columnen giebt für die mittlere Temperatur dieses Jahres mit einem gelinden Winter 8°,53 R., welches die mittlere Temperatur der Luft und auch des Bodens deswegen etwas überschreiten mufs, weil alle Beobachtungen am Tage, meistens gleich nach 10 Uhr, seltener etwas vor 9 Uhr, Morgens gemacht wurden.

42) Vorzugsweise interessirte mich, aufser den eingesenkten Thermometern, der Wärmezustand der oberen Erdkruste an dem stets beschatteten Orte. Deswegen setzte ich diese Messungen noch ein ganzes Jahr mit gröfster Gewissenhaftigkeit fort und beobachtete täglich etwas nach 10 Uhr Morgens das erwähnte Thermometer, dessen Kugel ein bis höchstens zwei Zoll tief in die Dammerde an derjenigen Stelle eingesenkt wurde, die stets durch ein hohes Gebäude und eine Mauer gegen die unmittelbare Einwirkung der Sonne geschützt ist, zu welcher übrigens die über der Gartenfläche bewegte

Luft einen ungehinderten Zutritt hat. Die erhaltenen Resultate können insofern noch von besonderem Interesse erscheinen, als sie dem gelinden Winter von 1821 auf 1822 und dem heifsen Sommer des letzteren Jahres angehören, mithin das Maximum angeben müssen, welches unter den gegebenen Bedingungen hier zu erhalten ist. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht derselben.

Monat	Zahl der Beob.	Max.	Min.	Med.	Monat	Zahl der Beob.	Max.	Min.	Med.
Oct.	31	9°,7	4°,4	7°,81	April	30	9°,8	3°,0	7°,46
Nov.	30	8,8	2,9	6,90	Mai	31	15,0	8,1	11,32
Dec.	31	6,3	1,5	4,18	Juni	30	17,5	13,0	15,28
Jan.	31	3,8	0,0	1,95	Juli	31	15,6	11,8	14,11
Febr.	28	4,8	1,0	2,96	Aug.	31	14,7	12,0	13,70
März	31	7,9	2,4	4,98	Sept.	30	13,0	9,0	11,19

Werden diese Resultate nach den Jahreszeiten geordnet, so erhält man

	Max.	Min.	Med.
Winter	4°,96	0°,83	3°,03
Frühling	10,90	4,49	7,92
Sommer	15,93	12,26	14,36
Herbst	10,50	5,43	8,60
Jahr	10,57	5,75	8,73

Hiernach übertrifft also die mittlere Wärme des stets beschatteten Bodens in einem vorzüglich heifsen Jahre, worin das Minimum nicht unter den Gefrierpunct des Wassers hinabging, die mittlere Bodentemperatur nicht völlig um einen Grad der achtzigtheiligen Scale, und wenn die gefundene Gröfse nach der §. 89 angegebenen Art corrigirt wird, beträgt sie nur 8°,04 R., also nur 0°,04 C. mehr, als die mittlere jährliche Temperatur. Da es solcher vollständigen Beobachtungen gewifs nicht viele giebt, so scheint es mir der Mühe werth, den Gang der Temperatur im ganzen Jahre graphisch darzustellen. Die Zeichnung der Wärme-Curve ist ohne weitere Beschreibung für sich klar, sobald man weifs, dafs die punctirte Linie den Gang der Temperatur vom October 1820 bis dahin 1821, die aus- Fig. 87.

gezogene Linie aber die im folgenden Jahre, von gleichem Termine an gerechnet, darstellen soll.

43) Von den drei eingesenkten Thermometern sollte das tiefste mit der Mitte seines Quecksilber-Cylinders bis 5 Par. Fuſs Tiefe, das zweite bis 3 Fuſs und das dritte bis 1,5 Fuſs in den Boden hinabreichen; es fand sich aber durch genaue Messung vor und nach dem Herausnehmen, daſs das längste bis 5,3 Fuſs, das mittlere bis 3,6 Fuſs und das kürzeste bis 1,8 Fuſs Tiefe hinabging. Die erhaltenen Resultate sind so kurz als möglich in folgenden Tabellen aufgezeichnet worden, wobei ich auch den ersten Monat September mit aufnehme, da das Einsenken am 2ten geschah und am 3ten die Messungen anfingen. Es ist dieses um so leichter zulässig, da die Löcher mit einem Bohrer von etwa Armesdicke gemacht, dann sogleich die Thermometer eingesenkt und der geringe bleibende Spielraum mit trocknem Sande ausgefüllt wurde. Die in der Tabelle angegebenen Maxima und Minima sind die absoluten, die beobachtet wurden, die mittleren Temperaturen sind aber nicht aus den Maximis und Minimis, sondern aus der ganzen Summe der Beobachtungen entnommen worden. Endlich war es der Kürze wegen nothwendig, die achtzigtheilige Scale, die sich auf den Thermometern befand, beizubehalten, weil eine Reduction der einzelnen Gröſsen zu mühsam seyn würde.

Digitized by Google

1820 und 1821.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	3,6 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	1,8 Fuſs tief Max.	Min.	Med.
Sept.	28	14°,0	12°,5	13°,36	15°,0	12°,4	13°,83	14°,0	10°,8	13°,29
Oct.	8	11,5	10,2	10,88	11,1	10,2	10,52	9,6	8,1	8,87
Nov.	11	9,9	6,9	8,41	9,2	6,6	7,65	7,2	2,4	4,64
Dec.	5	6,1	5,0	5,58	5,9	4,1	4,96	4,3	0,5	2,26
Jan.	7	4,8	3,7	4,10	4,0	3,4	3,75	2,1	0,0	1,15
Febr.	6	3,6	3,0	3,30	3,3	3,0	3,11	1,0	0,6	0,80
März	5	4,3	3,6	4,02	4,9	4,4	4,62	5,1	4,0	4,28
April	6	7,0	4,3	6,06	8,7	5,1	7,30	11,7	4,8	8,70
Mai	5	9,0	7,2	8,16	10,0	9,3	9,78	12,2	10,5	11,44
Jun.	1	10,2	10,2	10,20	11,1	11,1	11,10	12,0	12,0	12,00
Jul.	13	12,1	11,2	11,77	13,6	12,2	13,14	15,7	13,8	14,77
Aug.	27	13,1	12,3	12,70	14,5	13,3	13,82	16,6	13,5	15,04
Herbst	37	11,76	9,86	10,88	11,76	9,73	10,66	10,26	7,10	8,93
Winter	18	4,82	3,90	4,32	4,40	3,50	3,94	2,46	0,36	1,40
Frühling	16	6,76	5,03	6,08	7,86	6,26	7,23	9,66	6,43	8,14
Sommer	41	11,80	11,23	11,56	13,06	12,20	12.68	14,76	13,10	13,94
Jahr	112	8,78	7,50	8,21	9,27	7,92	8,63	9,29	6,75	8,10

1821 und 1822.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	3,6 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	1,8 Fuſs tief Max.	Min.	Med.
Sept.	27	13°,2	12°,4	12°,90	14°,2	13°,0	13°,56	15°,3	12°,0	13°,44
Oct.	31	12,5	10,3	11,41	12,7	9,9	11,27	11,7	7,2	9,89
Nov.	30	10,1	8,7	9,14	9,7	8,0	8,75	7,8	5,1	6,91
Dec.	31	8,7	6,6	7,51	8,6	6,5	7,11	6,8	4,0	5,03
Jan.	31	6,6	4,8	5,49	6,4	4,2	4,92	4,3	1,7	2,50
Febr.	82	4,9	4,7	4,84	4,9	4,3	4,76	4,0	2,5	3,46
März	31	6,3	4,9	5,42	7,2	4,9	5,91	8,0	3,7	5,86
April	30	8,3	6,3	7,02	9,6	6,7	7,92	11,2	5,4	8,51
Mai	31	11,4	8,4	9,71	13,0	9,7	11,10	16,0	11,0	12,99
Jun.	30	14,1	11,6	13,17	15,5	13,3	14,95	18,9	16,7	17,80
Jul.	31	14,3	14,1	14,20	15,5	15,0	15,20	18,0	15,0	16,48
Aug.	31	14,3	13,9	14,09	15,1	14,0	14,78	17,0	14,7	15,64
Herbst	88	11,93	10,46	11,15	12,20	10,30	11,19	11,60	8,10	10,08
Winter	90	6,73	5,36	5,95	6,63	5,00	5,59	5,03	2,73	3,66
Frühling	92	8,66	6,53	7,38	9,93	7,10	8,31	11,73	6,70	9,12
Sommer	92	14,23	13,20	13,82	15,37	14,10	14,97	17,96	15,46	16,64
Jahr	362	10,39	8,88	10,75	11,03	9,12	10,01	11,58	8,25	9,87

Digitized by Google

1822 und 1823.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fufs tief			3,6 Fufs tief			1,8 Fufs tief		
		Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
Sept.	30	14°,3	13°,3	13°,93	14°,9	13°,2	14°,22	15°,8	12°,2	14°,45
Oct.	31	13,3	11,4	12,51	13,1	11,0	12,26	13,6	9,6	11,57
Nov.	30	11,3	9,0	9,94	10,9	8,3	9,34	9,5	6,1	7,47
Dec.	31	9,0	5,4	7,21	8,3	4,1	6,28	6,4	0,4	3,11
Jan.	31	5,3	3,3	4,08	4,1	2,4	2,96	0,3	-0,8	-0,35
Febr.	28	3,3	2,9	3,05	3,5	2,0	2,63	2,6	-0,1	1,27
März	31	4,5	3,4	3,80	5,4	3,5	3,99	6,6	2,4	3,33
April	30	6,5	4,6	5,64	7,3	5,6	6,43	8,8	6,5	6,96
Mai	31	9,9	6,7	8,06	11,2	7,6	9,75	13,6	9,0	11,75
Jun.	30	11,0	10,0	10,70	12,1	11,3	11,85	14,0	11,9	13,04
Jul.	31	12,2	11,0	11,71	13,1	11,8	12,72	15,0	13,4	14,00
Aug.	31	13,3	12,2	12,79	14,8	13,0	13,65	17,2	14,2	15,35
Herbst	91	12,96	11,23	12,16	12,96	10,83	11,94	12,96	9,30	11,16
Winter	90	5,87	3,86	4,78	5,30	2,83	3,95	3,10	-0,16	1,34
Frühling	92	6,96	4,90	5,83	7,96	5,56	6,72	9,66	5,96	7,34
Sommer	92	12,16	11,06	11,73	13,33	12,03	12,74	15,40	13,16	14,13
Jahr	365	9,49	7,76	8,52	9,89	7,81	8,84	10,28	7,06	8,49

1823 und 1824

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fufs tief			3,6 Fufs tief			1,8 Fufs tief		
		Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
Sept.	30	13°,5	12°,6	13°,19	14°,9	12°,5	13°,79	17°,0	12°,0	14°,22
Oct.	31	12,7	10,2	11,45	12,6	9,3	10,89	12,5	7,8	9,62
Nov.	30	10,1	7,4	8,51	9,1	6,5	7,45	7,6	3,9	5,29
Dec.	31	7,4	5,7	6,61	7,0	4,8	5,88	6,6	2,4	3,96
Jan.	31	5,7	3,9	4,75	5,1	3,1	3,92	4,0	0,6	1,56
Febr.	29	4,2	3,7	3,90	4,0	3,1	3,52	3,6	0,9	2,36
März	31	4,8	4,2	4,35	4,8	4,0	4,32	4,5	2,0	3,43
April	30	6,2	4,4	4,92	7,4	4,5	5,34	10,3	3,0	5,56
Mai	31	8,8	6,4	7,89	9,8	7,6	8,99	11,8	8,8	10,36
Jun.	30	11,0	8,9	10,17	12,0	9,9	11,30	15,5	12,1	13,26
Jul.	31	12,8	11,0	12,03	13,7	12,0	13,09	16,5	13,8	15,00
Aug.	31	13,1	12,8	12,94	13,9	13,1	13,61	16,4	13,5	14,84
Herbst	91	12,10	10,06	11,05	12,20	9,43	10,71	12,36	7,90	9,71
Winter	91	5,76	4,43	5,08	5,36	3,66	4,44	4,73	1,30	2,63
Frühling	92	6,60	5,00	5,72	7,33	5,36	6,22	8,86	4,60	6,45
Sommer	92	12,30	10,90	11,71	13,20	11,66	12,66	16,13	13,13	14,36
Jahr	366	9,19	7,59	8,39	9,52	7,53	8,51	10,52	6,73	8,29

Digitized by Google

1824 und 1825.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	3,6 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	1,8 Fuſs tief Max.	Min.	Med.
Sept.	30	13°,4	12°,7	13°,16	14°,2	12°,4	13°,58	16°,7	11°,4	14°,45
Oct.	31	12,7	10,2	11,51	12,3	9,3	10,85	12,3	7,5	9,88
Nov.	30	10,1	6,6	8,52	9,2	7,4	8,03	8,0	6,6	7,12
Dec.	31	6,4	4,6	5,42	7,7	6,2	6,89	8,3	2,8	6,86
Jan.	31	4,6	1,9	2,71	6,1	4,1	4,82	2,2	—0,1	0,78
Febr.	28	4,4	1,8	2,85	4,2	3,7	4,11	4,8	—0,5	2,20
März	31	4,8	4,4	4,30	5,1	3,7	4,13	6,6	1,0	3,20
April	30	7,8	4,8	6,33	8,8	5,2	7,02	11,9	6,7	8,66
Mai	31	10,1	7,9	9,13	10,9	9,0	10,31	14,0	11,3	12,37
Jun.	30	11,8	10,1	10,99	13,1	10,8	11,01	15,8	11,7	14,09
Jul.	19	13,0	11,9	12,48	14,3	12,7	13,50	18,8	14,2	16,61
Aug.	int.	14,2	13,3	13,70	14,8	13,2	13,75	18,2	14,3	15,85
Herbst	91	12,06	9,83	11,06	11,90	9,70	10,82	12,33	8,50	10,48
Winter	90	5,13	2,76	3,66	6,00	4,66	5,27	5,10	0,73	3,28
Frühling	92	7,56	5,70	6,58	8,26	5,96	7,15	10,83	6,33	8,07
Sommer	49	13,00	11,76	12,39	14,06	12,23	12,75	17,60	13,40	15,51
Jahr	312	9,44	7,51	8,42	10,05	8,16	8,99	11,46	7,24	9,33

1826 und 1827.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	3,6 Fuſs tief Max.	Min.	Med.	1,8 Fuſs tief Max	Min.	Med.
Febr.	28	3°,7	2°,9	3°,30	3°,0	2°,0	2°,17	3°,8	-0°,5	0°,71
März	31	5,0	3,5	4,41	4,9	3,2	4,44	5,7	4,0	4,83
April	30	6,7	5,0	5,83	7,0	4,8	6,02	8,2	4,6	6,70
Mai	31	9,2	6,7	7,60	10,0	6,9	8,09	13,2	6,8	9,63
Jun.	30	11,9	9,3	10,50	13,0	10,2	11,39	17,0	12,5	13,79
Jul.	31	13,8	12,0	13,36	14,8	13,2	14,34	18,1	15,1	16,77
Aug.	31	14,9	13,8	14,45	15,3	14,1	14,97	18,1	16,6	17,35
Sept.	21	14,9	13,6	14,32	15,1	13,0	14,08	17,0	13,0	14,82
Oct.	31	13,5	11,7	12,56	13,5	10,3	11,81	13,0	9,3	11,33
Nov.	30	11,6	8,1	9,73	10,2	6,3	8,01	8,7	3,7	5,83
Dec.	31	8,0	5,8	6,95	6,9	4,3	5,45	4,8	2,2	3,56
Jan.	31	5,8	4,2	4,95	4,3	2,9	3,60	2,7	0,9	1,70
Herbst	82	13,33	11,13	2,20	12,93	9,86	11,30	12,90	8,66	10,66
Winter	90	5,83	4,30	5,06	4,73	3,06	3,74	3,77	0,87	1,99
Frühling	92	6,96	5,06	5,94	7,30	4,96	6,18	9,03	5,13	7,05
Sommer	92	13,53	11,70	12,77	14,36	12,50	13,56	17,73	14,73	15,97
Jahr	356	9,91	8,04	8,99	9,83	7,59	8,69	10,85	7,35	8,91

1827 und 1828.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuſs tief Max.	5,3 Fuſs tief Min.	5,3 Fuſs tief Med.	3,6 Fuſs tief Max.	3,6 Fuſs tief Min.	3,6 Fuſs tief Med.	1,8 Fuſs tief Max.	1,8 Fuſs tief Min.	1,8 Fuſs tief Med.
Febr.	28	4°,2	3°,4	3°,76	2°,9	2°,1	2°,41	0°,9	0°,2	0°,47
März	31	4,3	3,4	3,79	4,0	2,1	3,34	4,2	0,4	3,19
April	30	7,2	4,4	5,87	7,6	4,1	6,07	10,4	4,2	7,76
Mai	30	10,1	7,3	8,71	10,6	7,8	9,39	13,8	10,4	11,69
Jun.	30	12,0	10,1	10,99	12,4	10,9	11,57	15,7	11,9	14,01
Jul.	31	13,9	12,1	13,02	14,6	12,6	13,79	18,0	16,0	16,80
Aug.	31	14,3	13,6	14,03	14,9	13,0	14,27	18,2	12,8	15,40
Sept.	30	13,5	12,9	13,14	13,2	12,5	12,86	15,0	12,6	13,81
Oct.	31	12,8	10,8	11,94	12,4	9,7	11,05	13,0	7,8	10,43
Nov.	30	10,7	6,9	8,83	9,6	5,4	7,13	7,4	2,3	4,81
Dec.	31	6,8	6,0	6,32	5,3	4,9	5,13	3,7	2,6	3,53
Jan.	31	6,0	4,8	5,22	4,9	3,7	4,06	3,5	1,0	2,55
Herbst	91	12,33	10,20	11,30	11,73	9,20	10,94	11,80	7,5[illegible]	9,68
Winter	90	5,33	4,73	5,10	4,36	3,56	3,86	2,70	1,26	2,18
Frühling	91	7,20	5,03	6,12	7,40	4,66	6,26	9,46	5,00	7,54
Sommer	92	13,40	11,93	12,68	13,96	12,16	13,21	17,30	13,56	15,40
Jahr	364	9,56	7,97	8,80	9,36	7,39	8,56	10,31	6,84	8,70

1828.

Monat	Zahl der Beob.	5,3 Fuſs tief Max.	5,3 Fuſs tief Min.	5,3 Fuſs tief Med.	3,6 Fuſs tief Max.	3,6 Fuſs tief Min.	3,6 Fuſs tief Med.	1,8 Fuſs tief Max.	1,8 Fuſs tief Min.	1,8 Fuſs tief Med.
Febr.	29	4°,8	4°,1	4°,50	4°,1	2°,9	4°,49	3°,8	1°,0	2°,29
März	31	5,3	4,1	4,61	5,1	3,2	4,13	5,9	1,8	4,17
April	30	7,2	5,3	6,04	7,4	5,1	5,93	10,0	4,4	6,86
Mai	31	10,2	7,4	8,83	10,9	7,6	9,34	14,0	10,0	11,98
Jun.	30	12,7	10,3	11,41	13,4	11,0	12,04	17,2	12,8	14,89
Jul	31	13,9	12,8	13,59	15,0	13,4	14,06	19,2	14,2	16,18
Aug.	31	13,5	13,2	13,23	14,0	12,9	13,00	14,6	13,8	14,21
Frühling	92	7,56	5,60	6,49	7,80	5,30	6,46	9,96	5,40	7,67
Sommer	92	13,36	12,10	12,78	14,13	12,43	13,03	17,00	13,60	15,09

44) Ehe ich die aus den hier mitgetheilten 7½ vollständigen Jahrgängen sich ergebenden Folgerungen ableite, muſs ich erst einige erläuternde Bemerkungen vorausschikken. Man sieht aus der beigefügten Zahl der Beobachtungen, daſs vom October 1821 an ohne Unterbrechung täglich einmal abgelesen wurde, was mit seltenen Ausnahmen durch mich selbst und bei etwaiger Verhinderung durch einen sicheren Stellvertreter geschah. Im Jahre 1825 hören die Aufzeichnungen mit dem 19. Juli auf, vom August ist nur eine Beobachtung vorhanden, ebenso vom October, der September aber fehlt ganz und ebenso der November und December, und ich erinnere mich jetzt, daſs die Aufzeichnungen

während dieser Zeit durch einen Gehülfen geschahen, leider habe ich aber vergessen, sie einzutragen, und kann jetzt das Papier, worauf sie verzeichnet standen, nicht wiederfinden. Es blieb mir daher nichts Anderes übrig, als den fehlenden Monat August zu interpoliren und die folgenden Jahrgänge mit dem Februar anzufangen. Nehmen wir nun zuvörderst die Resultate so, wie sie aus den aufgezeichneten Beobachtungen hervorgehn, so geben die folgenden Tabellen eine Uebersicht der einzelnen und der aus ihnen entnommenen mittleren Gröfsen.

Mittel aus 7,5 Jahren.

	5,3 Fufs tief			3,6 Fufs tief			1,8 Fufs tief		
Monat	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
Sept.	13°,82	12°,86	13,°82	14°,50	12°,71	13°,41	15°,82	12°,00	14°,07
Oct.	12,71	10,68	11,20	12,53	9,95	11,23	12,23	8,18	10,22
Nov.	10,54	7,65	9,01	9,70	6,93	8,08	8,03	4,30	6,01
Dec.	7,48	5,58	6,51	7,10	4,28	7,48	5,80	2,13	4,04
Jan.	5,54	3,80	4,47	4,98	3,40	4,00	2,73	0,47	1,27
Febr.	4,14	3,31	3,69	3,73	2,89	3,40	3,06	0,50	1,69
März	4,91	3,93	4,33	5,17	3,62	4,36	5,82	2,41	4,03
April	7,11	4,88	5,96	7,97	5,13	6,30	10,31	4,95	7,46
Mai	9,83	7,25	8,51	10,80	8,20	9,59	13,57	9,72	11,53
Jun.	11,83	10,06	11,01	12,82	11,06	11,90	15,76	12,70	14,11
Jul.	13,25	12,01	12,77	14,32	12,73	13,73	17,41	14,43	15,83
Aug.	13,83	13,13	13,49	14,66	13,32	13,98	17,03	14,17	15.46
Herbst	12,36	10,39	11,94	12,24	9,86	10,90	12,02	8,16	10,10
Winter	5,72	4,23	4,89	5,27	3,52	4,96	3,86	1,03	2,33
Frühling	7,28	5,35	6,26	7,98	5,65	6,75	9,90	5,69	7,67
Sommer	12,97	11,73	12,42	13,93	12,37	13,20	16,73	13,76	15,13
Jahr	9,58	7,92	8,87	9,85	7,85	8,95	10,62	7,16	8,80

45) Im September des Jahres 1828 zeigte sich das Quecksilber in der Scale des mittleren Thermometers etwas getrennt, die Beobachtungen wurden daher nicht weiter fortgesetzt, aber erst im Juli des folgenden Jahres konnten alle drei Thermometer ausgegraben werden, wobei es gelang, sie unversehrt herauszubringen, ungeachtet die hölzernen Futterale gänzlich verfault und völlig in Moder übergegangen waren. Es lag mir zugleich daran, das Verhalten der Wärme in den verschiedenen Erdarten zu erforschen, weil dieses auf den Gang der Vegetation nothwendig einen Einflufs haben mufs, und durch die freundliche Mitwirkung des Geh. Hofrath Zeyher, des Directors der grofsherzoglichen Gärten zu Schwetzingen, bot sich eine sehr gute Gelegenheit zu einer interessanten Vergleichung dar. Die Gegend von Schwetzingen hat ganz

Digitized by Google

leichten Sandboden und gewährt daher den vollkommensten Gegensatz gegen den schweren Thonboden, worin die Thermometer hier gestanden hatten. Nachdem sie daher mit einer neuen hölzernen Hülle, wie früher, versehen worden waren, wurden sie in einer abgelegenen und dadurch sicheren, dem freien Zutritte der Luft ausgesetzten Abtheilung des Schwetzinger Gartens eingegraben. Gegen die Sonnenstrahlen waren sie minder, als hier in Heidelberg, geschützt, erst von zwei Uhr nach Mittag an durch eine Mauer, früher unregelmäſsig durch benachbarte Pflanzen und Gesträuche; der über den Boden hervorragende Theil war aber gegen den Einfluſs des Regens zum Schutze im Allgemeinen und zur Vermeidung zu baldigen Moders durch eine Hülse von Weiſsblech geschützt, die für die Zeit der Beobachtung abgehoben wurde. Der Boden bestand bis 1,5 Fuſs Tiefe aus ziemlich fruchtbarer, leichter Dammerde, dann noch etwa 1,5 bis 2 Fuſs tief aus einem Gemenge von feinem Sande und Dammerde, worin die Menge des ersteren Bestandtheils zunehmend gröſser wurde, und tiefer aus reinem feinem Sande. Die Beobachtungen übernahm ein bejahrter, zuverlässiger Gartenaufseher, gewöhnlich einen um den andern Tag, selten mit Unterbrechungen von zwei bis höchstens vier Tagen, und die erhaltenen Mittel können daher für sehr genau gelten. Im Anfange des Monats März wurden die Thermometer unversehrt wieder ausgegraben, weil das längste unter ihnen eine Drehung um seine Axe erhalten hatte, die das Ablesen sehr hinderte, das Holz fand sich weit weniger verfault, allein bei einer Vergleichung, nachdem sie späterhin aufgehangen worden waren, zeigten das längste und kürzeste noch vollkommne Uebereinstimmung, das mittlere aber stand 0°,9 bis 1°,0 R. höher, ohne daſs sich ausmitteln läſst, wann diese Veränderung und durch welche Veranlassung sie eingetreten ist. Auch diese Beobachtungen theile ich um so lieber vollständig mit, da auch diese Reihe das ungewöhnlich warme Jahr 1834, wie die frühere das Jahr 1822, in sich schlieſst. Daſs die Thermometer etwas tiefer eingesenkt wurden, zeigen die Ueberschriften der nachfolgenden Tabellen.

1829 und 1830.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fuſs tief Max.	5,5 Fuſs tief Min.	5,5 Fuſs tief Med.	4 Fuſs tief Max.	4 Fuſs tief Min.	4 Fuſs tief Med.	2,3 Fuſs tief Max.	2,3 Fuſs tief Min.	2,3 Fuſs tief Med.
Oct.	9	11°,5	9°,5	10°,56	11°,7	8°,5	10°,28	11°,0	6°,7	9°,31
Nov.	12	9,5	7,0	8,00	8,5	4,7	6,59	6,5	2,5	4,33
Dec.	13	6,5	4,5	5,46	4,5	2,5	3,46	2,0	0,0	1,08
Jan.	15	4,5	3,0	3,30	2,5	1,5	1,76	0,5	-1,5	-0,80
Febr.	15	3,0	2,0	2,33	1,0	0,5	0,83	0,0	-3,5	-1,06
März	14	4,0	2,5	3,10	5,0	1,0	2,53	3,5	-0,5	0,57
April	19	7,0	5,0	5,86	9,0	6,0	7,02	10,0	1,0	4,07
Mai	22	9,5	7,5	8,55	12,0	9,0	10,52	14,0	11,0	12,05
Jun.	17	11,0	9,5	10,20	13,0	11,0	11,88	15,0	11,0	13,30
Jul.	19	13,0	11,0	11,81	15,0	12,5	13,52	18,0	14,0	15,63
Aug.	18	14,0	12,5	13,16	15,5	13,0	14,14	18,0	13,0	15,74
Sept.	18	13,0	12,0	12,30	13,0	11,5	12,33	14,0	11,0	12,62
Herbst	39	11,33	9,50	10,29	11,06	8,23	9,73	10,50	6,73	8,75
Winter	43	4,66	3,16	3,69	2,66	1,50	2,01	0,83	-1,66	-0,26
Frühling	55	6,83	5,00	5,83	8,66	5,33	6,69	9,16	3,88	5,56
Sommer	54	12,66	11,00	11,72	14,50	12,16	13,18	17,00	12,66	14,89
Jahr	191	8,87	7,16	7,88	9,22	6,80	7,90	9,37	5,39	7,23

1830 und 1831.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fuſs tief Max.	5,5 Fuſs tief Min.	5,5 Fuſs tief Med.	4 Fuſs tief Max.	4 Fuſs tief Min.	4 Fuſs tief Med.	2,3 Fuſs tief Max.	2,3 Fuſs tief Min.	2,3 Fuſs tief Med.
Oct.	19	11°,5	10°,0	10°,81	11°,0	9°,0	10°,26	11°,0	8°,0	9°,76
Nov.	18	9,5	8,0	8,66	9,0	6,0	7,94	9,0	5,0	7,02
Dec.	19	7,5	6,0	6,71	6,0	4,0	5,13	4,0	2,0	3,80
Jan.	19	6,0	4,5	5,23	5,0	3,0	3,52	3,0	1,0	1,79
Febr.	16	4,5	4,0	4,34	4,0	3,0	3,50	3,0	1,0	2,15
März	18	6,0	4,5	5,27	6,0	4,0	5,19	6,5	3,0	4,88
April	18	8,0	6,0	6,97	9,5	6,0	7,97	10,0	6,5	8,83
Mai	19	10,0	8,0	9,01	12,0	9,0	10,21	14,0	10,0	11,47
Juni	19	11,5	10,0	10,65	13,0	11,0	11,94	15,5	12,0	13,52
Juli	17	12,5	11,5	12,08	14,5	12,5	13,67	17,0	13,5	15,67
Aug.	16	14,0	13,0	13,60	15,0	14,0	14,68	17,0	15,0	16,18
Sept.	16	13,0	12,0	12,31	14,0	12,0	12,81	15,0	11,5	12,97
Herbst	53	11,33	10,00	10,59	11,33	9,00	10,34	11,66	8,16	9,92
Winter	54	6,00	4,83	5,42	5,00	3,33	4,05	3,33	1,33	2,31
Frühling	55	8,00	6,16	7,08	9,17	6,33	7,79	10,16	6,50	8,39
Sommer	52	12,67	11,50	12,09	14,16	12,50	13.43	16,50	13,50	15,12
Jahr	214	9,50	8,12	8,79	9,91	7,79	8,90	10,41	7,37	8,93

1831 und 1832.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fuſs tief			4 Fuſs tief			2,3 Fuſs tief		
		Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
Oct.	16	12°,0	11°,0	11°,65	12°,5	10°,0	11°,81	13°,0	10°,0	11°,84
Nov.	16	11,0	8,0	9,37	10,5	7,5	8,75	9,0	5,0	6,68
Dec.	16	7,5	7,0	7,12	7,0	5,5	6,18	5,0	3,0	4,00
Jan.	16	6,0	4,5	5,34	5,0	3,5	3,87	2,0	1,0	1,28
Febr.	15	5,0	4,0	4,50	4,0	3,5	3,70	2,0	1,0	1,63
März	16	5,0	4,0	4,25	5,5	3,5	4,59	5.0	2,0	3,41
April	16	7,0	5,0	6,25	8,5	6,0	7,41	9,0	6,0	7,97
Mai	16	9,0	7,0	8,16	11,0	8,5	9,53	13,0	9,0	9,93
Jun.	16	12,5	9,0	10,72	12,5	11,0	12,03	14,0	13,0	13,62
Jul.	16	14,0	12,5	12,75	14,0	12,5	13,03	16,5	14,0	14,62
Aug.	16	14,0	12,0	13,03	14,0	13,0	13,75	16,0	15,0	15,31
Sept.	16	11,5	11,0	11,12	13,0	12,0	12,18	14,5	12,5	13,34
Herbst	48	11,50	10,00	10,71	12,00	9,83	10,91	12,13	9,16	10,62
Winter	47	6,16	5,16	5,65	5,33	4,16	4,58	3.00	1,66	2,30
Frühling	48	7,00	5,33	6,22	8,33	6,00	7,18	9,00	5,66	7,10
Sommer	48	13,50	11,16	12,16	13,50	12,16	12,93	15,50	14,00	14,51
Jahr	191	9,54	7,91	8,68	9,79	8,03	8,90	9,90	7,62	8,43

1832 und 1833.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fuſs tief			4 Fuſs tief			2,3 Fuſs tief		
		Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
Oct.	16	11°,0	9°,0	10°,40	12°,0	9°,0	10°,52	12°,5	7°,5	10°,26
Nov.	16	8,5	7,0	7,72	8,0	6,0	7,06	7,5	4,0	5,80
Dec.	16	7,0	5,0	6,06	6,0	4,5	5,06	4,0	3,0	3,31
Jan.	16	5,0	3,0	4,00	4,0	2,0	3,00	3,0	0,0	1,56
Febr.	15	5,0	3,0	4,00	5,0	2,0	3,13	3,0	0,0	1,23
März	16	5,0	5,0	5,00	5,0	4,0	4,65	4,0	3,0	3,56
April	16	7,0	6,0	6,53	7,0	6,0	6,50	7,5	4,0	5,71
Mai	16	16,0	8,0	11,00	17,0	8,0	11,03	18,0	8,5	12,75
Jun.	16	18,0	17,0	17,35	19,0	18,0	18.56	21,0	19,0	19,75
Jul.	16	18,0	17,0	17,68	19,5	18,0	18,93	22,5	20,5	21,53
Aug.	16	17,0	16,0	16,81	18,0	17,5	17,90	19,5	18,5	19,00
Sept.	16	16,0	14,0	14,75	17,5	16,0	16,65	18,5	17,0	17,28
Herbst	48	11,83	10,00	10,96	12,50	10,30	11,41	12,83	9,50	11,11
Winter	47	5,66	3,66	4,68	5,00	2,83	3,73	3,33	1,00	2,03
Frühling	48	9,33	6,33	7,51	9,66	6,00	7,39	9,83	5,16	7,34
Sommer	48	17,66	16,66	17,28	18,83	17,83	18,46	21,00	19,33	20,09
Jahr	191	11,12	9,16	10,10	11,37	9,24	10,25	11,77	8,75	10,17

Digitized by Google

1833 und 1834.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fufs tief Max.	5,5 Fufs tief Min.	5,5 Fufs tief Med.	4 Fufs tief Max.	4 Fufs tief Min.	4 Fufs tief Med.	2,3 Fufs tief Max.	2,3 Fufs tief Min.	2,3 Fufs tief Med.
Oct.	16	14°,0	12°,0	12°,43	16°,0	12°,0	14°,43	16°,0	12°,0	13°,90
Nov.	16	10,0	7,0	8,50	12,0	8,0	10,31	10,0	7,0	8,43
Dec.	16	7,0	5,0	6,06	8,0	6,0	7,06	7,0	4,0	5,69
Jan.	16	5,0	5,0	5,00	6,0	5,0	5,43	3,0	2,0	2,43
Febr.	15	5,0	5,0	5,00	7,0	6,0	6,55	3,0	2,0	2,55
März	16	6,0	5,0	5,68	8,0	7,5	7,68	4,0	3,0	3,43
April	16	8,0	6,5	7,00	9,0	8,0	8,75	6,0	4,0	5,00
Mai	17	11,0	8,0	9,35	12,0	9,0	10,57	9,0	6,0	7,70
Jun.	16	14,0	12,0	12,56	15,0	13,0	14,28	13,0	10,0	11,50
Jul.	16	16,0	14,0	15,25	17,0	15,0	15,84	16,0	13,0	14,43
Aug.	16	16,0	16,0	16,00	18,0	17,0	17,68	16,0	16,0	16,00
Sept.	16	16,0	14,0	15,25	18,0	17,0	17,59	16,0	14,0	15,00
Herbst	48	13,33	11,00	12,06	15,33	12,33	14,11	14,00	11,00	12,44
Winter	47	5,66	5,00	5,35	7,00	5,66	6,34	4,33	2,66	3,56
Frühling	49	8,33	6,50	7,34	9,66	8,16	9,00	6,33	4,34	5,38
Sommer	48	15,33	14,00	14,60	16,67	15,00	15,93	15,00	13,00	13,98
Jahr	192	10,66	9,12	9,84	12,16	10,29	11,34	9,91	7,75	8,84

1834 und 1835.

Monat	Zahl der Beob.	5,5 Fufs tief Max.	5,5 Fufs tief Min.	5,5 Fufs tief Med.	4 Fufs tief Max.	4 Fufs tief Min.	4 Fufs tief Med	2,3 Fufs tief Max.	2,3 Fufs tief Min.	2,3 Fufs tief Med.
Oct.	16	14°,0	12°,0	12°,56	16°,0	14°,5	15°,22	13°,0	12°,0	12°,56
Nov.	16	11,0	9,0	10,14	14,5	13,0	13,78	11,0	10,0	10,43
Dec.	16	8,0	5,0	6,87	12,0	7,5	10,53	9,0	4,0	7,62
Jan.	16	5,0	2,0	3,43	7,5	5,0	6,40	4,0	0,0	2,18
Febr.	15	3,0	2,0	2,26	5,0	5,0	5,00	2,0	0,0	0,75
Wint.	47	5,33	3,00	4,18	8,16	5,83	7,31	5,00	1,33	3,51

46) Auch von diesen Beobachtungen stelle ich die mittleren Werthe in der folgenden Tabelle zusammen, obschon sie auf solche Genauigkeit, als die oben mitgetheilten, nicht hinlängliche Ansprüche haben.

Digitized by Google

Mittel aus 5 Jahren und 5 Monaten.

Monat	5,5 Fufs tief Max.	Min.	Med.	4 Fufs tief Max.	Min.	Med.	2,3 Fufs tief Max.	Min.	Med.
Oct.	12°,33	10°,58	11°,39	13°,20	10°,50	12°,08	2°,75	9°,36	11°,27
Nov.	9,91	7,66	8,76	10,41	7,53	9,07	8,83	5,58	7,11
Dec.	7,25	5,41	6,38	7,25	5,00	6,23	5,16	2,66	4,11
Jan.	5,25	3,66	4,38	5,00	3,33	3,99	2,58	0,58	1,41
Febr.	4,25	3,33	3,74	4,33	3,33	3,78	2,16	0,83	1,21
März	5,20	4,20	4,66	5,90	4,06	4,93	4,60	2,10	3,17
April	7,40	5,70	6,52	8,60	6,40	7,52	8,50	4,30	6,31
Mai	11,10	7,70	9,21	12,80	8,70	10,37	13,50	8,90	10,78
Jun.	13,40	11,60	12,29	14,50	12,80	13,74	15,70	13,00	14,34
Jul.	14,70	13,20	13,90	16,00	14,10	14,99	18,00	15,00	16,37
Aug.	15,00	13,90	14,52	16,10	15,00	15,63	17,30	15,50	16,44
Sept.	13,90	12,40	13,14	15,10	13,70	14,31	15,60	13,20	14,24
Herbst	12,04	10,21	11,09	12,90	10,57	11,82	12,39	9,38	10,87
Winter	5,58	4,13	4,83	5,52	3,88	4,66	3,26	1,36	2,24
Frühling	7,90	5,87	6,79	9,10	6,38	7,60	8,86	5,10	6,75
Sommer	14,36	12,90	13,57	15,59	13,96	14,78	17,00	14,50	15,71
Jahr	9,97	8,28	9,07	10,77	8,69	9,71	10,38	7,58	8,89

47) Aus beiden, weiter oben und so eben mitgetheilten Zusammenstellungen gehn einige wichtige Folgerungen in Beziehung auf die Ermittelung der Bodentemperatur durch eingesenkte Thermometer hervor.

a) Die Bodentemperatur ist selbst bis zur Tiefe von 5,5 F. nicht in allen Jahren gleich, kann daher nicht aus einzelnen, ja selbst nicht aus einjährigen Messungen genau gefunden werden, sondern schwankt ebenso, wie die Lufttemperatur, um eine gewisse mittlere Gröfse, die nur durch Vereinigung mehrerer Jahre aufzufinden ist.

Aus der ersten Reihe von Beobachtungen ergiebt sich:

für 5,3 Fufs Tiefe	1821 und 1822	Maximum =	10°,75
	1820 — 1821	Minimum =	8,21
		Unterschied	2,54
für 3,6 Fufs Tiefe	1821 und 1822	Maximum =	10°,01
	1823 — 1824	Minimum =	8,51
		Unterschied	1,50
für 1,8 Fufs Tiefe	1821 und 1822	Maximum =	9°,87
	1823 — 1824	Minimum =	8,29
		Unterschied	1,58

Aus der zweiten Reihe von Beobachtungen:

für 5,5 Fufs Tiefe	1832 und 1833	Maximum =	10°,10
	1829 — 1830	Minimum =	7,88
		Unterschied	2,22

für 4 Fuſs Tiefe	1833	und	1834	Maximum	=	11°,34
	1829	—	1830	Minimum	=	7,90
				Unterschied		3,54
für 2,3 Fuſs Tiefe	1832	und	1833	Maximum	=	10°,17
	1829	—	1830	Minimum	=	7,23
				Unterschied		2,94

Bei der ersten Reihe waren die warmen Jahre 1818 und 1819 vorausgegangen und die anhaltende Wärme 1822 vollendete die Wirkung, so daſs der Unterschied in der Tiefe am gröſsten ist, bei der zweiten zeigt sich der unmittelbare Einfluſs der heiſsen Sommer 1833 und 1834, weswegen der Unterschied beim mittleren Thermometer am gröſsten ist.

b) Wie groſs auch diese jährlichen Unterschiede sind, so gleichen sie sich doch in einer nicht eben groſsen Reihe von Jahren in der Art aus, daſs die mit der Tiefe zunehmende Wärme deutlich erkannt wird. Hierbei darf übrigens das mittlere Thermometer nicht in Betrachtung kommen, theils weil der Einfluſs der häufigen heiſsen Sommer auf diejenige Schicht, worin es sich befand, zu groſs ist, theils weil sich gerade dieses Instrument am wenigsten zuverlässig zeigte, wiewohl ich mit groſser Wahrscheinlichkeit annehmen zu dürfen glaube, daſs die erste Ursache die allein wirksame war. Die erste Reihe von Beobachtungen giebt im Mittel für das 5,3 Fuſs tiefe Thermometer 8°,87 R., für das 1,8 Fuſs tiefe 8°,80, mit einem Unterschiede von 0°,07, wonach die Wärme für 50 Fuſs Tiefe um 1° R. oder für 62 Fuſs Tiefe um 1° C. zunimmt, die zweite Reihe giebt für 5,5 Fuſs im Mittel 9°,07, für 2,3 Fuſs 8°,89 R., mit einem Unterschiede von 0°,08 R., was für 1° R. 40 Fuſs oder für 1° C. 50 Fuſs folgern läſst, die erste Bestimmung der Wahrheit am nächsten kommend, wie sich von der gröſseren Genauigkeit der ersteren Reihe von selbst erwarten lieſs. Uebrigens geht aus den gegebenen Zusammenstellungen genügend hervor, daſs so kleine Tiefenunterschiede zum Messen der Wärme im Innern der Erde nicht geeignet sind.

c) Obgleich es schwer hält, bei den groſsen Unterschieden allgemeine Gesetze aufzufinden, so darf man doch wohl behaupten, daſs die mittlere Bodentemperatur die der Luft unter der hiesigen Breite übertrifft. Die von mir mit groſser

Digitized by Google

Sorgfalt aufgezeichneten Grade eines nach Norden frei hängenden Thermometers geben ein vortreffliches Mittel der Vergleichung, wenn die Beobachtungen um 9 Uhr Morgens und Abends hierzu gewählt werden[1]. Mit Berücksichtigung des Umstandes, dafs die Messungen der Bodentemperatur theils mit dem September, theils mit dem Februar und theils mit dem October anfangen, ergiebt sich folgende Vergleichung.

Jahre	Mittlere Thermometerstände: Tiefstes Th.	Mittl. Th.	Höchstes Th.	Th. im Freien
1820 und 1821	8°,21	8°,63	8°,10	7°,24
1821 — 1822	10,75	10,01	9,87	9,08
1822 — 1823	8,62	8,84	8,49	7,34
1823 — 1824	8,39	8,51	8,29	7,31
1824 — 1825	8,42	8,99	9,33	8,29
1826 — 1827	8,99	8,69	8,91	7,94
1827 — 1828	8,80	8,56	8,70	7,88
1829 — 1830	7,88	7,90	7,23	6,17
1830 — 1831	8,79	8,90	8,93	7,99
1831 — 1832	8,68	8,90	8,43	8,09
1832 — 1833	10,10	10,25	10,17	7,68
1833 — 1834	9,84	11,34	8,84	9,20
Mittel aus den ersten sieben Jahren . .	8,88	8,89	8,81	7,87
Allgem. Mittel . .	8,95	9,12	8,77	7,85

Die Beobachtungen um 9 Uhr Morgens und 9 Uhr Abends geben die mittlere Temperatur der Luft zu gering an und müssen erst auf die demnächst anzugebende Weise corrigirt werden. Geschieht dieses, so erhalten wir für die beiden letzteren Werthe 7,951 und 7,931, noch etwas geringer als die hiesige mittlere, wegen des kalten Jahres 1829. Nehmen wir als mittlere Bodenwärme diejenige an, welche das ungefähr 2 Fufs tief eingesenkte Thermometer zeigte, so übertrifft sie die mittlere Lufttemperatur nach den Resultaten der ersten sieben

1 Es sey mir erlaubt hier zu bemerken, dafs der in der meteorologischen Literatur rühmlichst bekannte Dr. Eisenlohr die von mir geführten Witterungsregister von 1819 bis 1836 geordnet und berechnet hat, wodurch für die Meteorologie von Heidelberg ein grofser Schatz gewonnen worden ist.

Jahre um 0°,86 R. und nach denen aus allen 12 Jahren um 0°,84 R., wobei das nahe Zusammentreffen beider Gröſsen zugleich für die Genauigkeit der Messungen bürgt[1]. Daſs die mittlere Temperatur des Bodens höher sey als die der Luft, behauptete schon MAIRAN[2], welcher annahm, daſs namentlich im Winter die Luft durch den Boden erwärmt werde, ein Resultat, auf welches auch HALES[3] durch seine Versuche geführt wurde.

d) Die Unterschiede der Temperaturen nehmen mit der Tiefe ab, und wenn die erhaltenen Gröſsen für genau gelten können, so läſst sich das Gesetz dieser Abnahme aus ihnen auffinden, zu welchem Ende ich zuerst die Resultate der Beobachtungen zusammenstelle.

Absoluter Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum.

Erste Reihe Beobachtungen.				Zweite Reihe Beobachtungen.			
Jahr	5,3 F.	3,6 F.	1,8 F.	Jahr	5,5 F.	4 F.	2,3 F.
1820	10°,8	12°,7	16°,6	1829	12°,0	15°,0	21°,5
1821	9,6	11,3	17,2	1830	10,0	12,0	16,0
1822	11,4	12,9	18,0	1831	10,0	10,5	15,5
1823	9,8	11,8	16,4	1832	15,0	17,5	22,5
1824	11,6	10,6	19,3	1833	11,0	13,0	14,0
1826	12,0	13,0	18,6	Mittel	11,60	13,60	17,90
1827	10,9	12,8	18,0				
1828	9,8	12,0	18,2				
Mittel	10,74	12,14	17,78				

Nach der oben angegebenen Formel von FOURIER und POISSON, wonach

$$\text{Log. } \Delta p = a + b p$$

ist, ergiebt sich für die erste Reihe von Beobachtungen

$$\text{Log. } \Delta p = 1{,}2499318 - 0{,}04025\, p$$

und für die zweite

1 Wenn die hier erhaltenen mittleren Werthe mit den oben angegebenen nicht genau übereinstimmen, so liegt die Ursache darin, daſs dort mehrere Monate des Jahres 1828 auf 1829 und 1834 auf 1835 aufgenommen worden sind, die hier fehlen.

2 Mém. de l'Acad. 1719 und 1767.

3 Veget. Statics. T. I. p. 61.

$$\text{Log.}\,\Delta p = 1{,}2528530 - 0{,}03729\,p.$$

Nehmen wir unter hiesigen Breiten den Unterschied der Temperatur zunächst unter der Oberfläche des Erdbodens oder in 1 bis 2 Fufs Tiefe = 17°,8 R. an, so wird im Mittel aus beiden gefundenen Werthen

$$\text{Log.}\,\Delta p = 1{,}25042 - 0{,}03877\,p,$$

welcher Ausdruck für einen verschwindenden Wechsel der Temperatur von 0°,01 R. die Tiefe p = 83,84 Par. Fufs giebt. Die in einzelnen Jahren gefundenen Unterschiede der Grade des untersten Thermometers, verglichen mit denen des oberen, würden zwar diese Tiefe etwas verschieden geben, allein es läfst sich erwarten, dafs durch Vereinigung vieljähriger, unter ungleichen Bedingungen gemachter Beobachtungen das Resultat der Wahrheit stets näher gebracht wird. Die Verschiedenheit der durch beide Reihen meiner Versuche gefundenen Coefficienten von p scheint mir auf keinen Fall durch Beobachtungsfehler herbeigeführt worden zu seyn, sondern ist augenscheinlich durch die ungleiche Leitungsfähigkeit des Bodens bedingt, sofern lockerer Sand ein besserer Wärmeleiter ist und zugleich das Wasser der Hydrometeore schneller und tiefer in ihn eindringt, wonach also die Unterschiede der Temperaturen bis zu gröfseren Tiefen hinabreichen.

e) Auf gleiche Weise, als die Unterschiede der Temperaturen in den einzelnen Jahren verschieden sind, zeigt sich diese Ungleichheit auch rücksichtlich der Zeiten, in welche die Maxima und Minima derselben fallen, was aus dem früheren oder späteren Eintritte der Sommerhitze und Winterkälte, so wie aus der ungleichen Intensität und Dauer beider von selbst erklärlich wird. Die einzelnen Tage, auf welche die Extreme fallen, sind zwar nicht stets genau bestimmbar, weil die höchsten und tiefsten Thermometerstände zuweilen mehrere Tage unverändert anhalten, zuweilen auch nach zwischenliegenden Aenderungen wiederkehren, im Ganzen aber enthalten die folgenden Tabellen mit annähernder Genauigkeit die Maxima und Minima, und zwar die ersteren nur für 12 Jahre, weil die Beobachtungen im Jahre 1820 erst im September anfingen und 1835 mit dem Schlusse des Monats Februar endigten. Die Maxima fallen zuweilen auf zwei ziemlich weit von einander abstehende Tage, was eine Folge eintretender Wärme, dann folgender Regenperiode und wie-

derkehrender Hitze zu seyn scheint; bei den Minimis findet zwar eine anhaltende Dauer, aber kein doppelter Eintritt statt.

Perioden des Maximums.

Jahr	Tiefstes Therm.	Mittleres Therm.	Höchstes Therm.	Freies Therm.
1821	3 Sept.	28 Aug.	26 Aug.	23 Aug.
1822	10 Juli u. 28 Aug.	28 Jan. u. 10 Juli	7 Juli	7 Juni
1823	7 Sept.	1 Sept.	31 Aug.	26 Aug.
1824	7 u. 17 Sept.	7 Sept.	14 Juli	12 Aug.
1825	21 Aug.	12 Aug.	18 Juli	18 Juli
1826	30 Aug.	28 Aug.	5 Juli u. 4 Aug.	2 Aug.
1827	14 Aug.	1 Aug.	2 Aug.	30 Juli
1828	12 Juli	8 Juli	6 Juli	5 Juli
1830	14 Aug.	7 Aug.	30 Juli	30 Juli
1831	7 Aug.	1 Aug.	30 Juli	2 Aug.
1832	5 Aug.	13 Juli u. 1 Aug.	15 Juli	14 Juli
1833	5 Juli	7 Juli	7 Juli	11 Juni
1834	17 Aug.	13 Aug.	27 Juli	18 Juli
Mittel	16 Aug.	5,5 Aug.	28 Juli	22,5 Juli

Die Extreme entfernen sich von diesen Mitteln, denselben vorauseilend oder dahinter zurückbleibend, bei dem tiefsten Thermometer um 42 und 31 Tage, bei dem mittleren um 38 und 32 Tage, bei dem höchsten um 22 und 29 Tage und bei dem freien um 41 und 35 Tage. Merkwürdig ist hierbei, daſs nächst dem Thermometer im Freien das tiefste die gröſsten Abweichungen vom Mittel zeigt und daſs sie mit verminderter Tiefe abnehmen.

Digitized by Google

Perioden des Minimums.

Jahr	Tiefstes Therm.	Mittl. Therm.	Höchstes Therm.	Freies Therm.
1821	21 Febr.	14 Febr.	21 Febr.	2 Januar
1822	1 Febr.	21 Jan.	14 Jan.	8 Januar
1823	10 Febr.	5 Febr.	14 Jan.	23 Januar
1824	4 Febr.	1 Febr.	17 Jan.	9 Januar
1825	1 Febr.	14 Febr.	9 Febr.	7 Febr.
1826	18 Febr.	6 Febr.	1 Febr.	10 Jan.
1827	28 Febr.	23 Febr.	22 Febr.	17 Febr.
1828	24 Febr.	22 Febr.	21 Febr.	17 Febr.
1830	20 Febr.	10 Febr.	6 Febr.	1 Febr.
1831	5 Febr.	3 Febr.	29 Jan.	31 Jan.
1832	5 Febr.	27 Jan.	13 Jan.	5 Jan.
1833	1 Febr.	3 Febr.	23 Jan.	11 Jan.
1834	15 Jan.	11 Jan.	15 Jan.	11 Febr.
1835	7 Febr.	5 Febr.	1 Febr.	7 Jan.
Mittel	8,5 Febr.	4,5 Febr.	30 Jan.	21 Jan.

Die Extreme der Minima entfernen sich weniger von diesen Mitteln, als die der Maxima; die Abweichung beträgt beim tiefsten Thermometer 24 und 17 Tage, beim mittleren 24 und 18 Tage, beim höchsten 16 und 23 Tage, beim freien 19 und 27 Tage. Sowohl bei den Maximis als auch den Minimis sieht man, daſs sie um so viel später eintreten, je tiefer die Thermometer eingesenkt sind, wonach sie also im Ganzen durch die Einflüsse der äuſsern Temperatur bedingt werden. Die Abstände zwischen den Mitteln der Maxima und Minima betragen für den Uebergang der ersteren zu den letzteren beim tiefsten Thermometer 177 Tage, beim mittlern 182 Tage, beim höchsten 186 und beim freien 183 Tage, für den Uebergang der letzteren zu den ersteren beim tiefsten Thermometer 188 Tage, beim mittleren 183, beim höchsten 179 und beim freien 182 Tage. Bei den unbedeutenden Unterschieden der zusammengehörenden Gröſsen, die bei den mittleren und freien Thermometern gänzlich verschwinden, dürfte im Ganzen Fourier's Behauptung der Gleichheit beider durch eine längere Reihe von Beobachtungen Bestätigung

finden, jedoch ist es wohl möglich, dafs auch das durch Kämtz[1] gefundene Resultat, wonach der Uebergang zum Minimum schneller erfolgt, als zum Maximum, das richtige sey.

f) Es könnte befremden, dafs die Maxima und Minima der tiefern Thermometer zuweilen früher eintreffen, als die der höheren; allein dieses läfst sich leicht erklären, sobald man berücksichtigt, dafs nicht selten auf eine Periode warmer Regen oder anhaltender hoher Luftwärme, deren Wirkungen bis zu tieferen Schichten dringen, nach einer folgenden von entgegengesetztem Einflusse, eine neue eintritt, deren Wirkung nicht so tief eindringt, weil sie nur kurze Zeit dauert und demnach nicht die tieferen, wohl aber die höheren Thermometer afficirt. Hierin liegt dann zugleich der Grund, warum die nämlichen absoluten Maxima zuweilen nach bedeutenden Zeiträumen wieder eintraten. Es läfst sich ferner nicht in Abrede stellen, dafs eine Temperaturänderung um so viel schneller bis zu gleichen Tiefen eindringen werde, je gröfser der Unterschied ist, den sie herbeiführt, und da die Gröfsen der eintretenden Wechsel sehr ungleich sind, indem nach etwas anhaltender Kälte eine gröfsere oder geringere Wärme erfolgt oder umgekehrt, so läfst sich nicht füglich bestimmen, wie lange Zeit eine Temperaturveränderung von unbestimmter Intensität bedarf, um einen Wärmeunterschied von 1° C. in einer gewissen Tiefe zu erzeugen. Der durch Quetelet aus dem Verhalten des 24 Fufs tief eingesenkten Thermometers entnommene Satz, dafs die Wärme 6 Tage gebraucht, um einen Raum von 1 Fufs zu durchdringen, kann daher aus den von mir angegebenen Maximis und Minimis nicht geprüft werden, es war mir indefs auch unmöglich, dieses Gesetz aus den Originalbeobachtungen aufzufinden, weil noch folgendes sehr zu beachtende Hindernifs entgegensteht. Man ist geneigt, die Veränderungen eines tieferen Thermometers als lediglich durch den Einflufs der höheren Schichten herbeigeführt zu betrachten, wonach sie sich also zuerst in den letzteren zeigen müssen, ehe sie in den ersteren wahrnehmbar werden. Wäre diese Voraussetzung absolut richtig, so würde es leicht seyn, die zum Durchdringen der Wärme durch eine Schicht von gegebener Dicke erforderliche Zeit aufzufinden; allein jedes eingesenkte Thermo-

1 Meteorologie. Th. I. S. 126.

Digitized by Google

meter wird nicht blofs durch die von oben zugeführte oder dahin ausströmende Wärme afficirt, sondern auch durch die der unter ihm befindlichen Schichten, und sein Stand ist daher das Resultat des stets gleichzeitigen Conflictes dieser beiden Ursachen, deren Wirkungen nicht leicht zu trennen und einzeln zu schätzen sind. Diese Sätze sind wohl unbezweifelt richtig, sie verdienen indefs noch eine nähere Betrachtung, um so mehr, als sie mit einer andern, allerdings sehr problematischen Erscheinung zusammenhängen.

g) Da bis jetzt noch keine Beobachtungen bekannt geworden sind, welche eine gleiche Menge von Jahren umfassen, die noch aufserdem einen höchst verschiedenen allgemeinen Charakter der Witterung zeigten, so füge ich um so mehr noch eine Bemerkung hinzu, als ich hoffe, dafs der sie veranlassende wichtige Gegenstand bei künftigen und schon gegenwärtig bestehenden Beobachtungen, wie diese namentlich bereits durch Arago und Quetelet in einem weit gröfseren Mafsstabe angestellt werden, Beachtung finden wird, um die fragliche Folgerung entweder zu bestätigen oder zu widerlegen. Nach den vorliegenden Resultaten läfst sich im Allgemeinen nicht in Abrede stellen, dafs die Erwärmung des Bodens vom Einflusse des Sonnenlichtes, der Hydrometeore und der über den Boden hinstreichenden Luftströmungen abhänge. Die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme der oberen, nur etwa bis zwei Zoll Tiefe hinabreichenden Erdkruste, wie sie in der oben §. 40 mitgetheilten Tabelle angegegeben worden ist, schwindet fast augenblicklich, wenn das Sonnenlicht durch eine Wolke oder einen sonstigen beschattenden Gegenstand aufgefangen wird, und verliert sich allmälig beim niedrigern Stande der Sonne und anhaltender Trübung des Himmels, und ebenso wird die durch die beiden andern Ursachen mitgetheilte Wärme nicht blofs durch das Aufhören dieser Einwirkungen wieder verloren, sondern ebendiese erzeugen auch, wenn sie selbst nicht mehr erwärmt sind, im Gegentheil Kälte. Es wird dann allgemein angenommen und geht auch als Endresultat aus den mitgetheilten Messungen hervor, dafs die Zunahme der Wärme von oben herab zu den unteren Schichten übergeht und ebenso die Abnahme zuerst oben anfängt und allmälig auch die tieferen Schichten trifft. Die kürzere oder längere Zeit, welche zwischen den hieraus folgenden beiden

Extremen liegt, hängt dann von der gröfseren oder geringeren Leitungsfähigkeit der betreffenden Erdschichten ab. Zuweilen ist sehr auffallend wahrnehmbar, dafs die äufsere Temperatur nach bereits eingetretener Verminderung wieder steigt und hierdurch ein Stillstand oder selbst ein Steigen des nächstfolgenden Thermometers erzeugt wird. So unverkennbar dieses Resultat im Ganzen ist, um so merkwürdiger sind einige Fälle, in denen eine tiefere Erdschicht für sich selbst von der Wärme zur Kälte überzugehn schien. Wäre eine Erscheinung dieser Art nur einmal vorgekommen, so müfste man dieses als eine Folge von Beobachtungsfehlern ansehn, wiewohl damit die genau zutreffenden Endresultate nicht wohl übereinstimmen würden, der Umstand aber, dafs ebendieses mehrmals und nicht blofs bei den hiesigen, sondern auch bei den Schwetzinger Beobachtungen vorgekommen ist, hat meine Aufmerksamkeit rege gemacht, und scheint mir genügender Grund zu seyn, die Sache nicht unbemerkt vorbeizulassen. Die Fälle, in denen diese Erscheinung vorkam, sind folgende, wenn ich sowohl die weniger, als auch die mehr auffallenden aufzähle. Die drei Thermometer mögen das tiefste A, das mittlere B und das oberste C heifsen.

1) Am 19ten Sept. 1820 zeigte	A 13°,0	B 13°,7	C 13°,7
21sten — — —	A 12,9	B 13,3	C 12,2
23sten — — —	A 12,9	B 13,0	C 11,3

2) Am 16ten Sept. 1821 zeigte	A 13°,1	B 13°,7	C 13°,6
— 17ten — — —	A 13,0	B 13,5	C 13,2
— 19ten — — —	A 12,9	B 13,3	C 13,0
— 22sten — — —	A 12,6	B 13,0	C 12,5
— 25sten — — —	A 12,6	B 13,0	C 13,1
— 30sten — — —	A 12,4	B 13,0	C 12,2

In diesem Falle kam C am 22sten auf seinen tiefsten Stand, stieg am 23sten wieder auf 12°,9 und fing erst am 27sten an zu fallen, A und B kamen erst am 5ten October beide auf 12°,0.

3) Am 28sten Aug. 1822 zeigte	A 14°,3	B 15°,1	C 15°,5
— 13ten Sept. — —	A 14,0	B 14,5	C 14,8
— 25sten — — —	A 13,5	B 13,7	C 13,6
— 27sten — — —	A 13,5	B 13,5	C 13,0

In der Zwischenzeit zwischen dem 28sten Aug. bis zum 26sten Sept. stand A unausgesetzt tiefer als B und C.

4) Am 11ten Sept. 1823 zeigte	A 13°,5	B 14°,2	C 14°,7
— 23sten Sept. — —	A 13,0	B 13,3	C 13,0

In der Zwischenzeit stand A stets tiefer als B und C.

5) Am 18ten Aug. 1827 zeigte	A 14°,1	B 14°,1	C 15°,6
— 24sten — — —	A 13,9	B 13,9	C 14,8

In der Zwischenzeit war A stets 0°,1 tiefer als B und 1° bis 1°,5 tiefer als C.

6) Am 21sten Aug. 1831 zeigte	A 14°,0	B 15°,0	C 16°,0
— 7ten Sept. — —	A 13,0	B 13,5	C 14,0

In der Zwischenzeit stand A stets 0°,5 tiefer als B und 2° tiefer als C.

7) Am 11ten Aug. 1832 zeigte	A 14°,0	B 14°,0	C 15°,0
— 13ten — — —	A 13,0	B 14,0	C 16,0
— 31sten — — —	A 12,0	B 13,0	C 15,0
— 7ten Oct. — —	A 11,0	B 12,0	C 12,5

In der Zwischenzeit stand A stets 1° tiefer als B und 2° bis 2°,5 tiefer als C.

8) Am 21sten Juli 1833 zeigte	A 18°,0	B 19°,5	C 22°,0
— 23sten — — —	A 17,0	B 18,0	C 20,0
— 16ten Oct. — —	A 12,0	B 14,0	C 14,0

In der Zwischenzeit stand A stets 1° bis 2°,5 tiefer als B und 2° bis 2°,5 tiefer als C.

9) Am 11ten Sept. 1834 zeigte	A 16°,0	B 18°,0	C 16°,0
— 13ten — — —	A 15,0	B 17,5	C 16,0
— 29sten — — —	A 14,0	B 17,0	C 14,0
— 13ten Oct. — —	A 12,0	B 15,0	C 13,0

In der Zwischenzeit stand A stets 2° bis 3° tiefer als B und entweder gleich mit C oder 1° höher.

Man übersieht bald, daſs dieses Ergebniſs nichts so sehr Auffallendes hat und sich leicht erklären läſst; denn in allen Fällen war die Temperatur von A höher als die mittlere der unter ihm befindlichen Erdschicht; es muſste daher mehr Wärme an diese abgeben, als es von derjenigen erhielt, in welcher sich B befand; inzwischen beweisen diese Thatsachen doch augenfällig, daſs das Steigen und Fallen eines Thermometers in einer gewissen Tiefe nicht allein und ausschlieſslich

Digitized by Google

durch das Verhalten der Wärme in der über dieser befindlichen Erdschicht bedingt wird. Um desto auffallender sind aber folgende Resultate.

1) Am	8. Dec. 1824	zeigte	A 6°,4	B 7°,3	C 8°,0
—	11. — —	—	A 6,0	B 7,0	C 7,9
—	21. — —	—	A 5,0	B 6,7	C 7,2
—	4. Jan. 1825	—	A 4,0	B 5,9	C 1,7
—	7. — —	—	A 3,0	B 5,6	C 1,5
—	30. — —	—	A 2,0	B 4,1	C —0,1
—	1. Febr. —	—	A 1,8	B 4,0	C —0,2

Zwischen dem 8. und 26. Dec. war A stets niedriger als B und C, welches letztere am 13. Nov. bis 6°,6 herabging, dann wieder stieg und schon am 24. Nov. 7°,3 zeigte, als A bis 7°,2 herabgegangen war. Da aber die Wärme jenes tieferen Standes von 6°,6 diejenige übertrifft, auf welche A bald darauf herabging, so können auch keine kalten Hydrometeore durch ihr Herabsinken die Temperatur der Erdschicht, worin sich A befand, vermindert haben, wobei doch immer unbegreiflich bleiben würde, warum diese nicht zuvor einen Einfluſs auf B gehabt haben sollten. Erst am 26. Dec. kam C wieder so tief herab, als A, sank dann tiefer, und blieb in diesem Verhältniſs, bis es durch Steigen am 13. Febr. A wieder einholte, indem letzteres 2°,5, ersteres aber 3°,0 zeigte; B dagegen stand beständig höher als A, erreichte am 14. Febr. sein Minimum mit 3°,7, stieg von da an, wurde aber, was nicht minder merkwürdig ist, von dem gleichfalls steigenden A am 26. Febr. wieder eingeholt, indem A an diesem Tage 4°,3, B aber 4°,1 zeigte, blieb dann hinter A zurück, bis beide am 11. März mit 4°,4 einen gleichen Stand erhielten, worauf B abermals hinter A zurückblieb, am 28. März aber bei einem gleichen Stande beider von 4°,5 dasselbe wieder einholte und von da an ihm stets vorauseilte. Diese Monate lang andauernde Abnormität ist so auſserordentlich, daſs ich vor der Hand noch gar keine Erklärung derselben wage und nur wünsche, daſs andere längere Zeit fortdauernde Beobachtungen auch in dieser Hinsicht Beachtung finden mögen. Nur noch ein zweiter ähnlicher Fall ist in den Beobachtungsregistern enthalten.

2) Am.	17. Nov. 1834	zeigte	A 9°,0	B 11°,0	C 9°,0
—	19. — —	—	A 7,0	B 9,0	C 7,0

Digitized by Google

Am	13.	Dec. 1834	zeigte	A 6,0	B 7,0	C 6,0
—	23.	—	—	—	A 5,0	B 6,0	C 5,0
—	7.	Jan. 1835	—	A 5,0	B 5,0	C 3,0

Vom 15. Nov. bis 19. Dec. waren A und C einander gleich, dann aber ging letzteres unter ersteres herab, B aber stand vom 15. bis 27. Nov. um 2°,0, von da an bis 5. Jan. um 1° höher als A, blieb diesem dann gleich und eilte vom 25. Jan. an demselben wieder voraus. Auch in diesem Falle ging A unter die mittlere Bodentemperatur herab und die Wärme konnte ihm also nicht durch tiefere Schichten entzogen werden.

47) Gustav Bischof[1] zu Bonn hat 1835 eine Vorrichtung hergestellt, um das Verhalten der Bodentemperatur zu untersuchen, die von den bisher angewandten merklich abweicht. Es war zu diesem Ende im freien Felde ein ausgemauerter Schacht von 24 Fuſs Tiefe und 3,5 Fuſs Durchmesser abgeteuft worden. In diesen wurden guſseiserne hohle Cylinder in Tiefen von 6, 12, 18 und 24 Fuſs gestellt, mit einem eisernen Deckel luft- und wasserdicht verschlossen. Durch diesen Deckel gingen zwei Bleirohre bis zur Oberfläche der Erde, deren eins bis auf den Boden des Gefäſses herabreichte, das andere aber nur bis zur Oberfläche des Wassers, womit das Gefäſs erfüllt war; der übrige Raum des Schachtes wurde mit Sande ausgefüllt. Hat hiernach das Wasser in den Gefäſsen die Temperatur der Erdschicht, worin das Gefäſs herabgesenkt ist, angenommen, was um so sicherer geschieht, da es von einer Messung bis zur andern, also auf jeden Fall 24 Stunden, darin bleiben kann, so wird vermittelst einer Luftdruckpumpe durch das eine Bleirohr, dessen untere Oeffnung nur bis unter den Deckel des Gefäſses herabgeht, Luft eingepreſst und hierdurch das Wasser des Gefäſses bis zur Oberfläche getrieben, wo seine Temperatur dann gemessen werden kann, indem man ein Thermometer in den ausflieſsenden Wasserstrahl hält. Bischof glaubte, daſs das Wasser bei diesem Auftreiben nicht füglich seine Temperatur durch äuſsere Einflüsse ändern könne, allein wenn das ausgelaufene Wasser jedesmal durch neues, von abweichender Temperatur, ersetzt werden muſs, so kann dieses bei öfterer Wiederholung nicht

1 Poggendorff Ann. XXXV. 220.

ohne Einflufs seyn, und auf jeden Fall können die Beobachtungen nicht alle 24 Stunden angestellt werden, weil die bedeutende Menge des Wassers die Temperatur nicht leicht und schnell annimmt, den grofsen Zeitaufwand bei dieser Vorrichtung nicht zu rechnen. Aufserdem aber zeigte sich bei den nach anhaltender Kälte statt findenden Messungen, dafs das aufgetriebene Wasser die Bleiröhren nicht genügend zu erwärmen vermochte, und bei sonach ungewissen und zweideutigen Resultaten mufste diese Methode ganz aufgegeben werden, die wegen des grofsen Wärmeleitungsvermögens der bis zur Oberfläche reichenden Bleiröhren im voraus als unzulässig erscheinen konnte. Bischof[1] liefs daher im Februar 1836 die ganze Vorrichtung wieder herausnehmen, den Schacht aber, worin sie gestanden hatte, bis etliche 40 Fufs Tiefe niedersenken und ausmauern, dann aber hölzerne Röhren von 36, 30, 24, 18, 12 und 6 Fufs rhein. Länge und 7 Zoll Seite so einsetzen, dafs sie einander nirgends berührten. In diese Röhren liefs er mit Wasser gefüllte Bouteillen, die zwischen zwei, durch hölzerne Leisten festgehaltene, Bretchen gestellt waren, bis auf den Grund der genannten Röhren hinab; am oberen Bretchen befand sich ein Bügel von Eisendraht, welcher durch einen Haken an einem Seile leicht gefafst und so die Bouteille mit ihrem Halter schnell heraufgezogen werden konnte. Zum Abhalten der äufseren Luft diente ein Embolus von Werg in Leinwand an einer 6 Fufs langen hölzernen Stange, und aufserdem wurde der Raum über diesem mit Werg ausgefüllt, dann der ganze Schacht wieder mit Erde gefüllt und gegen das Eindringen des meteorischen Wassers durch ein Dach geschützt. Die Flaschen mufsten demnach die Temperatur des Bodens in der Tiefe, wo sie standen, annehmen, für die Beobachtungen aber wurden sie nach dem Aufziehen der Stopfer schnell heraufgezogen, ein Thermometer in das enthaltene Wasser herabgesenkt und dieses nach einer Minute abgelesen.

Diese Methode, zu deren Nachahmung der sehr thätige Gelehrte auch Andere auffordert, hat den Vortheil, dafs man mit geringeren Schwierigkeiten bis zu gröfseren Tiefen gelan-

1 Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers u. s. w. S. 98.

Digitized by Google

gen kann, allein sie hat auch ihre Mängel. Unter diesen steht voran, dafs die gewöhnliche Beschaffenheit des Bodens schon durch das Abteufen und Ausmauern eines Schachtes, so wie durch das Abhalten des meteorischen Wassers und die ungleich hohe, über den Flaschen befindliche, Luftsäule bei weitem mehr geändert wird, als wenn man ein enges Bohrloch macht, ein Thermometer einsenkt und dann die Oeffnung mit derselben Erde wieder ausfüllt. Ein zweiter Mangel liegt darin, dafs man nicht oft genug beobachten kann, um den eigentlichen Gang der Schwankungen und des Wechsels der Temperaturen in verschiedenen Tiefen und den Zeitpunct genau wahrzunehmen, wann die Veränderungen beginnen. Der gröfsten Schärfe thut es ferner einigen, wenn auch nur geringen Abbruch, dafs beim Herausnehmen der Flasche die Röhre geöffnet werden mufs, wobei namentlich in der kalten Jahreszeit sofort ein Strom kalter Luft in dieselbe hinabsinkt, nicht gerechnet, dafs auch die Temperatur des Wassers in der Flasche sich ändert und daher diese an ihren Ort wieder hinabgelassen der Umgebung eine absolut zwar unbedeutende, dennoch aber einigen Einflufs äufsernde, Menge Wärme entziehen oder zuführen mufs. Alle diese Hindernisse fallen bei eingesenkten Thermometern weg, auch kann man dem störenden Einflusse der ungleichen Wärme in den oberen Schichten der Erde auf den Flüssigkeitsfaden in der langen Röhre solcher Thermometer leicht begegnen, wenn man nur sehr weite Gefäfse an eigentlichen Haarröhrchen dazu wählt. Es läfst sich leicht ein Cylinder von 1 Zoll Durchmesser und 2 Zoll Höhe an ein Haarröhrchen von 0,05 Lin. Durchmesser anschmelzen, wobei der kubische Inhalt der Flüssigkeiten in beiden sich verhält wie $R^2h : r^2H$, also bei einem 24 Fufs oder 288 Zoll langen Rohre wie $1 : 0{,}0025$, und da die Ausdehnungen den Massen direct proportional sind, so würde $t' = t\,(1 \pm 0{,}0025)$ seyn, wenn t' die corrigirte und t die gemessene Temperatur bedeutet, was für 5 Grade erst etwas mehr als $0^0{,}01$ ausmacht und innerhalb der Fehlergrenze liegt, nicht zu gedenken, dafs man bei solchen Thermometern das Gefäfs immerhin verhältnifsmäfsig noch erweitern kann. Allerdings ist es schwierig, Thermometer von 24 Fufs Länge zu verfertigen, jedoch ist die Aufgabe keineswegs unmöglich, nur darf man zum Füllen derselben wegen des zu starken Druckes

kein Quecksilber wählen, auch scheint mir Weingeist keine geeignete Flüssigkeit zu seyn und ich würde statt dessen Petroleum oder Schwefelsäure vorschlagen[1]. Will man aber bis 40 Fuſs Tiefe herabgehn, so ist die Anwendung der eingesenkten Thermometer unzulässig und das von Bischof vorgeschlagene Verfahren um so geeigneter, je seltener man wegen der unbedeutenden Aenderung der Temperatur die Messungen anstellen muſs.

48) Bischof konnte anfangs nur 9 Monate lang angestellte Beobachtungen in Rechnung nehmen, wobei er jedoch die Veränderungen des tiefsten Thermometers durch Schätzung annähernd bestimmt. Durch Combination der mit allen 4 Thermometern erhaltenen Werthe wird dann für rheinische Fuſs und Grade der achtzigtheiligen Scale

$$\text{Log. } \Delta p = 1{,}0258387 - 0{,}0415604\ p$$

gefunden, wonach die jährliche Variation der Temperatur in 48,7 rhein. Fuſs nur noch 0°,1 R. und in 72,8 Fuſs 0°,01 R. beträgt, mithin die Veränderung der Wärme in einer Tiefe von 70,3 Par. Fuſs verschwindet. Dieses kommt am nächsten mit der von Quetelet gefundenen Gröſse überein, welcher für 0°,01 C. eine Tiefe von 67,8 Par. Fuſs erhielt. Durch spätere Beobachtungen wurde der ganzjährige Cyclus ergänzt und somit ergaben sich aus der Gesammtsumme folgende Resultate. Es waren für die Tiefen

	36 F.	30 F.	24 F.	18 F.	12 F.	6 F.
Jährl. Mittel	8°,453	8°,287	8°,137	8°,018	7°,855	7°,795
Unterschied des Max. u. Min.	0,65	1,25	2,20	3,90	6,50	9,90

Die Quotienten der Differenzen zwischen dem Maximum und Minimum sind für gleichmäſsig wachsende Tiefen nicht gleich, wie sie nach der angegebenen und jetzt allgemein angenommenen Formel seyn müſsten, sondern sie wachsen, und zwar anscheinend nach einem regelmäſsigen Gesetze. Sie sind, von 6 Fuſs Tiefe angefangen, folgende:

1,5230; 1,666; 1,772; 1,760; 1,923,

worin bloſs die Beobachtungen in 30 Fuſs Tiefe eine bedeutende Abweichung zeigen. Setzt man dagegen

---

1 S. *Thermometer*.

Digitized by Google

$$\Delta_n = \frac{\Delta_1}{e(e+m)(e+2m)\ldots(e+(n-2)m)},$$

worin Δ_1 die jährliche Schwankung oder den Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum für 6 Fuſs Tiefe, Δ_n aber diese Gröſse bei einer $n \times 6$ Fuſs groſsen Tiefe bedeutet und $m = 0{,}1$ ist, so müſsten bei einer gleichmäſsigen Folge jene Quotienten 1,53, 1,63, 1,73, 1,83 und 1,93 seyn und man erhielte dann folgende Werthe:

Tiefen	Werth von Δ_n beobachtet	berechnet	Unterschiede
6 Fuſs	9°,90	9°,900	0°,000
12 Fuſs	6,50	6,470	0,030
18 Fuſs	3,90	3,9696	—0,070
24 Fuſs	2,20	2,2946	—0,090
30 Fuſs	1,25	1,254	—0,004
36 Fuſs	0,65	0,65	0,000

Die Unterschiede sind so unbedeutend, daſs sie innerhalb der Fehlergrenze liegen und das Gesetz der Abnahme der Differenzen der jährlichen Schwankungen für zunehmende Tiefen durch diese Beobachtungen als ausgemittelt erscheinen müſste, wenn diese, mehrere Jahre hindurch fortgesetzt, stets das nämliche Verhalten zeigten. Nach dieser Formel würde in 60 rhein. Fuſs Tiefe die jährliche Differenz nicht mehr als 0°,0119 R. betragen, mithin zu verschwinden anfangen; es läſst sich jedoch weder dieses Gesetz, noch auch viel weniger das der Wärmezunahme mit der Tiefe, die hiernach gröſser seyn würde, als sie an andern Orten gefunden worden ist, aus diesen Messungen ermitteln, weil ihre Zeitdauer hierfür zu kurz ist.

49) Boussingault[1] hat unsere Kenntniſs der Temperaturen in den Tropenländern America's, und namentlich der dortigen Bodentemperatur, durch eine groſse Reihe von Versuchen ausnehmend erweitert. Hieraus geht das unerwartete Resultat hervor, daſs dort die mittlere Temperatur schon durch das Einsenken eines Thermometers bis zur Tiefe von etwa einem Fuſs gefunden werden kann, indem dann schon die Unterschiede zwischen den Maximis und Minimis oder die täglichen Aenderungen fast gänzlich verschwinden. Zu Zupia in 1225 Meter Höhe, wo die mittlere Lufttemperatur nach

1 Ann. Chim. et Phys. T. LIII. p. 226.

Digitized by Google

dreijährigen Beobachtungen 21°,5 beträgt, erhielt er in 20 Beobachtungen vom 3. bis 18. Aug. vermittelst eines 8 Zoll tief eingesenkten Thermometers im Maximum 21°5, im Minimum 21°,3 C. und aus 16 Beobachtungen vom 18. bis 22. Aug. vermittelst eines 1 Fuſs tief eingesenkten 21°,6 und 21°,5 C. Zu Marmato in 1426 Meter Höhe, wo die mittlere Temperatur = 20°,5 ist, schwankte das einen Fuſs tief eingesenkte Thermometer am 9. und 10. Sept. bei 8 Messungen zwischen 20°,3 und 20°,5. Zu Anserma Nuevo in 1050 Meter Höhe, wo nach Caldas die mittlere Temperatur 23°,8 beträgt, schwankte das einen Fuſs tief eingesenkte Thermometer während der Monate Januar und Februar zwischen 23°,6 und 23°,7. Zu Puracé in 2651 Meter Höhe zeigte das einen Fuſs tief eingesenkte Thermometer in 6 Beobachtungen am 17. und 18. April unverändert 13°,1. Zu Popayan in 1808 Meter Höhe, wo die mittlere Temperatur nach Caldas 18°,7 beträgt, zeigte das einen Fuſs tief eingesenkte Thermometer während 10 Tagen unverändert 18°,2 C. Zu Pasto in 2610 Meter Höhe und bei einer mittleren Temperatur von 14°,6 nach Caldas blieb das einen Fuſs tief eingesenkte Thermometer unverändert auf 14°,6. Zu Quito in 2914 Meter Höhe, wo die mittlere Temperatur nach Hall und Salaza 15°,55 beträgt, schwankte das einen Fuſs tief eingesenkte Thermometer in den Monaten September und October zwischen 15°,4 und 15°,5. Boussingault gründet auf diese und andere zwischen dem 11. Grade nördlicher und dem 5. Grade südlicher Breite angestellte Messungen den Schluſs, daſs in der tropischen Zone allgemein die mittlere Temperatur durch die Beobachtung eines bis 1 Fuſs tief in den Boden eingesenkten Thermometers gefunden werden könne, weswegen er sich dieses Mittels zu einer groſsen Menge Bestimmungen in jenen Gegenden bediente. Daſs das aufgefundene Gesetz für jene Länder passe, will ich nicht bezweifeln, seine allgemeine Anwendbarkeit auf die ganze tropische Zone ist aber auf jeden Fall höchst unwahrscheinlich, da nicht überall die hierzu erforderliche Bedingung einer geringen Schwankung der Lufttemperatur statt findet, wie unten §. 106 gezeigt werden wird.

50) Es giebt noch einige Messungen der Bodentemperatur, die aber nicht hinlänglich lange fortgesetzt wurden und daher auch kein genaues Mittel geben können, mitunter auch

nicht vollständig genug beschrieben worden sind, um genügende Resultate aus ihnen abzuleiten, weswegen sie hier nur kurz berührt werden mögen. Unter die bedeutendsten gehören diejenigen, welche THOMAS BRISBANE[1] zu Sidney auf Neu-Süd-Wallis unter 34° S. B. und 151°,5 östl. L. von G. bei einem tiefen, meistens 50 F. Wasser haltenden, Brunnen anstellte, dessen gesammte Tiefe 84 Fuſs betrug. Die Resultate schwebten zwischen 17°,5 und 18° C. und gaben im Mittel die dortige Bodentemperatur = 17°,75 C. Andere Messungen gaben für Paramatta unter 33°,8 S. B. nur 16°,6 C., welchen Unterschied er davon ableitet, daſs am letzteren Orte die Tiefe nur 14 Fuſs betrug, allein bekanntlich kann der angegebene Unterschied der Tiefe die gefundene Differenz nicht erzeugen, und es zeigt sich also auch dort eine in einzelnen Jahren verschiedene Bodentemperatur, wenn wir die Messungen als genau annehmen. Eine andere Reihe von Messungen, welche eben dieser eifrige Forscher SIR THOMAS BRISBANE[2] zu Paramatta anstellte, scheinen auf einen hohen Grad von Genauigkeit gerechte Ansprüche zu machen. Es wurden Löcher in die Erde gebohrt und dann die Temperatur des sich darin sammelnden Wassers gemessen. Bei 24 engl. Fuſs Tiefe fand man die Temperatur des Bodens 17° C. und gleichzeitig die der Luft 16°,5, bei 20 Fuſs Tiefe die des Wassers 16°,3 und die der Luft 16°,11, bei 12 Fuſs Tiefe beide 15°,75 C., wonach man die mittlere Temperatur beider etwa 16°,5 annehmen kann, jedoch scheint die Bodentemperatur um eine Kleinigkeit höher zu seyn.

51) Messungen der Bodentemperatur durch die Wärme des Wassers tiefer Brunnen scheinen mir sehr unsicher zu seyn, wenigstens ist es mir nicht gelungen, bei einem hiesigen bedeckten und mit einer Pumpe versehenen von 43 Par. Fuſs Tiefe zu einem genügenden Resultate zu gelangen, und ich glaube die Ursache hiervon in dem Umstande zu finden, daſs die kalte Luft in die selten hinlänglich fest verschlossenen Brunnenschachte herabsinkt, das heraufgepumpte Wasser aber, selbst wenn man einen beträchtlichen Theil desselben vorher auslaufen läſst, dennoch eine zu groſse Aenderung seiner Wärme

1 Edinb. Journ. of Science N. XII. p. 326.
2 Edinb. Phil. Journ. N. XX. p. 221.

durch den Einflufs der Steig- und Ausflufsröhren erleidet. Dennoch kommen die oben erwähnten, durch Sir Thomas Brisbane gefundenen Gröfsen der Wahrheit sehr nahe, und nicht weniger scheint dieses bei denjenigen der Fall zu seyn, welche Wadwell[1] zu Leith unter 55° 58′ N. B. 3° 10′ W. L. von Gr. aus alle acht Tage wiederkehrenden Messungen bei einem tiefen Pumpbrunnen erhielt. Er fand die mittlere Temperatur des Wassers in demselben 8°,5 C., zu Edinburg aber in einer Höhe von 230 engl. Fufs 8°,37, wobei der durch die Höhe bedingte Unterschied mit anderweitigen Bestimmungen sehr nahe übereinstimmt. Unter die vorzüglichern Messungen dieser Art gehören ferner die durch Herrenschneider[2] zu Strafsburg angestellten. Das Wasser in einem 15 Fufs tiefen Brunnen gab für 1821 die mittlere Temperatur = 9°,01 C., für 1822 = 9°,94, für 1823 = 9°,34, woraus die grofse Hitze des Jahrs 1822 ersichtlich wird. Die Unterschiede der Maxima und Minima der monatlichen Mittel betragen für die drei Jahre 5°,63, 4°,06 und 5°,00, woraus das Mittel = 4°,9 C. ist. Die mittlere Lufttemperatur zu Strafsburg unter 48° 35′ N. B. ist 9°,7, welche das Mittel der Bodentemperatur = 9°,43 um 0°,37 übertrifft, der mittlere Unterschied der gröfsten und geringsten Lufttemperatur beträgt 19°,0 C. Nehmen wir an, dafs dieser Unterschied auch der oberen Erdkruste zugehört, so giebt die oben angegebene Formel:

$$\text{Log. } \Delta p = 1{,}2787536 - 0{,}0392371\, p.$$

Sucht man hiernach die Tiefe für einen jährlichen Wechsel von 0°,01 C., so erhält man 83,57 Par. Fufs, von der aus hiesigen Beobachtungen oben für 0°,01 R. gefundenen Bestimmung = 83,84 Par. Fufs nur unmerklich abweichend. Welches Vertrauen Hagelstam's[3] Bestimmungen der mittleren Bodentemperatur einiger Puncte an Norwegens Küste verdienen, vermag ich nicht zu beurtheilen, da ich die Art der Messung nicht angegeben finde. Hiernach ist dieselbe zu

1 Edinb. Phil. Journal N. VIII. p. 489.

2 Poggendorff Ann. XXXII. 277. Vermuthlich liegen Messungen der Temperatur des Wassers in diesem Brunnen den oben §. 35. mitgetheilten Angaben von Quetelet und Rudberg zum Grunde.

3 Edinb. New Phil. Journ. N. X. p. 306. Hertha, Zeitschrift für Erd-, Völker- und Staatenkunde. Th. XIII. S. 312.

Digitized by Google

Wadsoë in Ostfinnmarken unter 70° 15′ N. B. = 1°,5 C.; zu Altengaard in Finnmarken unter 69° 50′ N. B. = 2°,0 C.; zu Drontheim unter 63° 26′ N. B. = 4°,44; zu Lyster in Bergen-Amt unter 61° 30′ N. B. 6°,0; zu Laurvig unter 59° N. B. = 7°,5; zu Christiania unter 59° 55′ N. B. = 7°,0, wobei zugleich die von Paris unter 48° 50′ N. B. = 11°,8 angegeben wird.

52) Sehr schätzbare Bestimmungen verdanken wir in der neueren Zeit einigen Gelehrten, welche hierzu ein sehr zweckmäfsiges Verfahren anwandten, indem sie Bohrlöcher bis zu einer solchen Tiefe herabsenken liefsen, worin die jährlichen Veränderungen unmerklich werden und also die sofort und vor dem Eindringen der äufseren Luft in dieselben herabgelassenen Thermometer die mittlere Bodentemperatur nahe genau und ohne den Einflufs der mit der Tiefe zunehmenden Wärme angeben. Dieses geschah namentlich durch A. Erman[1] in Sibirien, und er fand auf diese Weise zu Tobolsk unter 59° N. B. = 2°,25 C., zu Beresow unter 58°,5 N. B. = 2°,0 C. und zu Obdorsk unter 66°,5 N. B. = — 2°,09 C. Dieses letztere Resultat ist sehr auffallend und zeigt, dafs in jenen Gegenden der Boden stets gefroren ist, was durch andere merkwürdige Erfahrungen bestätigt wird. Schon Gmelin erzählt, dafs ein Einwohner zu Jakuzk unter 62° N. B. im Anfange des vorigen Jahrhunderts mit einigen Jakuten über einen zu grabenden Brunnen einen Contract abgeschlossen habe, den diese aber nicht erfüllen wollten, als sie in 90 Fufs Tiefe noch stets in gefrorner Erde arbeiteten. Während der Anwesenheit Erman's zu Irkuzk im Jahre 1829 liefs ein Kaufmann gleichfalls einen Brunnen graben, aber die Arbeiter befanden sich bei 30 Fufs Tiefe noch stets im Eise, wobei Hansteen[2] bemerkt, dafs dieses Resultat mit der angenommenen Wärmezunahme in der Tiefe nicht wohl übereinstimme. Auch L. v. Buch[3] zieht in Zweifel, dafs der tiefere Boden da stets gefroren seyn könne, wo sich noch Vegetation

1 Dessen Reise Th. I. S. 473, 601 u. 603. Demnach ist dort die mittlere Temperatur der Luft um 4°,75 C. geringer, als die des Bodens.

2 Poggendorff Ann. XXVIII. 584.

3 Poggendorff Ann. XX. 405.

zeigt, allein Kämtz bemerkt, dafs auch Pallas[1] an einigen Orten Sibiriens den Boden das ganze Jahr hindurch gefroren fand, auch erzählt Cochrane[2], dafs die Bäume an der Mündung der Kolyma wegen des tiefer gefrorenen Bodens nur 20 Zoll tiefe Wurzeln treiben. Mit der Bohrung zu Irkuzk ist unterdefs fortgefahren worden und man hat eine Tiefe von 90 Fufs erreicht, ohne dafs jedoch das Eis aufhört, dennoch aber steigt die Temperatur mit der Tiefe, denn sie beträgt oben — 7°,5 C., unten aber nur — 1°,25, wonach zu erwarten steht, dafs man bald den aufgethaueten Boden erreichen wird[3], ohne dafs sich jedoch hoffen läfst, eine perennirende Quelle zu finden. In Nordamerica fand Franklin[4] am 16. Aug. unter 70° 24′ N. B. und 149° W. L. den Boden in 16 Z. Tiefe gefroren, Richardson aber im Juli unter 71° 12′ N. B. und 129° 21′ W. L. in 3 F. Tiefe.

53) G. Bischof[5] wendet ein dem bereits beschriebenen ähnliches Verfahren an, um die Bodenwärme auszumitteln, welches wegen seiner Einfachheit Nachahmung verdient, da es genauere und leichter zu erhaltende Resultate gewährt, als diejenigen, die aus der Wärme der Quellen entnommen werden, indem diese letzteren entweder leicht die höhere Wärme tieferer Erdschichten angeben, oder, wenn sie unter die sehr veränderlichen gehören, eine zu grofse Zahl in kurzen Zeiträumen wiederholter Messungen erfordern. In ein 4 Fufs tiefes ausgegrabenes Loch wird ein hölzerner Kasten gestellt,

---

1 Reisen Th. III. S. 22.

2 Fufsreise S. 117.

3 Froriep Notizen 1837. N. 80. Die Bestimmung, dafs die Wärme am oberen Ende des Brunnenschachtes — 7°,5 betrage, scheint aus der mittleren Temperatur des Ortes entnommen zu seyn; eine genauere Bestimmung haben wir aber von Erman, welcher bei seiner Anwesenheit zu Jakuzk im Frühjahr 1829 in dem frisch ausgegrabenen Schachte 50 Fufs unter der Oberfläche die Wärme mittelst eines eingesenkten Thermometers mafs und nie höher als — 7°,5 C. fand. Wenn man also für die Tiefe von 50 Fufs nur 0°,5 C. Wärmezunahme annehmen wollte, so würde die mittlere Bodenwärme dort — 8° C. betragen, mithin geringer seyn, als die mittlere der Luft. Das letztere Resultat scheint mir sehr wahrscheinlich zu seyn. S. A. Erman Reise um die Erde. Erste Abth. Th. II. S. 251.

4 Franklin's zweite Reise S. 187 u. 241.

5 Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers u. s. w. S. 215.

Digitized by Google

welcher bis auf den Boden reicht und so weit ist, dafs eine zwischen zwei Bretchen, einem unteren und einem oberen, befestigte gewöhnliche Bouteille mit Wasser darin hinabgelassen werden kann. Am oberen Bretchen befindet sich ein bis zur Oeffnung des Kastens reichender Draht, vermittelst dessen die Flasche schnell herausgenommen wird, um die Temperatur des enthaltenen Wassers mit einem Thermometer zu messen. Der Raum um den Kasten wird wieder mit Erde ausgefüllt, der obere Theil des Kastens aber mit Werg verstopft und mit Steinen bedeckt, um den Zutritt der Luft und äufsere Beschädigungen abzuhalten. Bei der angegebenen Tiefe erhält man unter mittleren Breiten und in nicht zu grofsen Höhen über der Meeresfläche, wo die Kälte das Wasser der Flasche im Winter nicht gefrieren macht, durch einmalige monatliche Beobachtungen schon einen hinlänglich genäherten mittleren Werth der Bodentemperatur.

54) Vor allen Dingen verdient aber ein Umstand noch erörtert zu werden, welcher für die ganze Aufgabe von höchster Wichtigkeit ist. Bischof ist der Meinung, die Bodentemperatur sey überall von der Lufttemperatur der Orte nicht verschieden, und wenn man die erstere gröfser gefunden habe, als die letztere, so sey dieses eine Folge der unrichtigen Bestimmung derselben aus der Temperatur der Quellen. Wäre dieser Satz begründet, so würde damit der Unterschied zwischen den isothermischen und den isogeothermischen Linien verschwinden oder vielmehr müfsten die letzteren ganz wegfallen. Wirklich fand Bischof zu Bonn die Temperatur der Luft und die des Bodens in 4 Fufs Tiefe ganz gleich, Quetelet aber zu Brüssel die mittlere Wärme der Luft höher als die der oberen Erdkruste, und beide wurden erst bei einem 3,08 Par. F. eingesenkten Thermometer einander gleich, statt dafs nach meinen Beobachtungen die Bodentemperatur, die man etwa in 2 Fufs Tiefe unter der Oberfläche setzen kann, um etwa 0°,8 R. höher ist, als die der Luft. Die Ursache dieser Abweichung liegt darin, dafs zu Bonn und Brüssel die Messungen an einem stets beschatteten Orte vorgenommen wurden, was vom natürlichen Verhalten abweicht, da im Allgemeinen von dem erwärmten Boden im gewöhnlichen Zustande kaum der hundertste Theil stets beschattet ist. Die Messung der Wärme des Quellwassers mag daher allerdings

wohl eine Menge unrichtiger Bestimmungen herbeigeführt haben, allein dessenungeachtet ist wohl nicht zu leugnen, daſs die Bodenwärme in der äquatorischen Zone gleich oder etwas geringer sey, als die Lufttemperatur, vom 45. Grade an wird aber die erstere mit zunehmenden Breiten höher, und der Unterschied wächst theils allgemein mit der Polhöhe, theils in einzelnen Gegenden, z. B. in Norwegen, nicht unbeträchtlich.

55) Die Aufgabe, die Bodentemperatur an den verschiedenen Orten der Erde zu bestimmen, ist am vollständigsten und gründlichsten zuerst durch Kupffer[1] bearbeitet und durch ihn zugleich der sehr bezeichnende Ausdruck der *Isogeothermen* eingeführt worden, welche man erhält, wenn man diejenigen Puncte der Erde, wo die Temperatur des Bodens gleich ist, durch Linien verbindet. Zur Bestimmung derselben hat man fast ausschlieſslich die aufgefundene Quellentemperatur benutzt, welches Mittel jedoch, wie oben bereits gezeigt wurde, keineswegs absolute Genauigkeit gewährt, weswegen sehr zu wünschen ist, daſs die Bodentemperatur an möglichst vielen Orten durch eingesenkte Thermometer oder durch Hülfe hinlänglich tiefer, gegen den Einfluſs der Quellen gesicherter, Bohrlöcher aufgefunden werden möge. Kupffer hat die bereits bekannten Bestimmungen noch um einige nicht unwichtige vermehrt. So findet er für Kasan unter 55° 44′ N. B. und von 270 Fuſs Meereshöhe aus zwei Quellen die mittlere Bodenwärme = 6°,25 C., während die der Luft nur 2°,5 C. beträgt, für Kisnekejewa unter 54° 30′ N. B. 62° 20′ östl. L. von Gr. in 900 Fuſs Meereshöhe aus einer Wassersammlung in 25 Meter Tiefe 4°,38 C. Wenn man nun annimmt, daſs die Wärme für 300 Meter über der Meeresfläche um 1° C. abnimmt, für 25 Meter Tiefe aber um ebenso viel wächst, so läſst sich die angegebene Bestimmung für sehr nahe genau halten. Für Bogoslowsk unter 60° N. B. 62° 20′ östl. Länge und 600 Fuſs Meereshöhe berechnet er aus der Wärme der Grubenwasser die mittlere Temperatur 1°,87 C., auf gleiche Weise für Nischnei-Tagilsk unter 58° N. B. und 600 Fuſs Höhe = 2°,84 C., für Werchoturie unter 59° N. B. und von gleicher Meereshöhe = 2°,4 C. und für Perm unter 60° N. B. von etwa 200 Meter Höhe nach Erman's Messungen 2° C.

1 Poggendorff Ann. XV. 159. Edinb. Journ. of Science. N. S. N. IV. p. 251.

Digitized by Google

56) Da die Bodenwärme, so wie die Temperatur der Luft, hauptsächlich durch den Einfluſs der Sonnenstrahlen bedingt wird, so muſs sie gleichfalls unter höheren Breiten abnehmen, wie die Quadrate der Sinus der Polhöhen wachsen[1]. Heiſst also φ die geographische Breite und $t\varphi$ die derselben zugehörige mittlere Temperatur der Bodenwärme, so hat man allgemein zur Bestimmung der Isogeothermen nach Kupffer den Ausdruck:

$$t\varphi = a - b \text{ Sin.}^2 \varphi$$

oder nach Kämtz

$$t\varphi = a + b \text{ Cos.}^2 \varphi,$$

worin die Constanten a und b durch Beobachtungen aufzufinden sind. Beide Gelehrte, unter denen Kupffer[2] seine Untersuchungen zuerst bekannt machte, die demnächst durch Kämtz[3] benutzt wurden, sind der Meinung, daſs die Wärmeabnahme unter verschiedenen Meridianen ungleichen Gesetzen folgt, was auch nothwendig aus Brewster's Auffindung zweier Kältepole hervorgeht. Dieser für die Temperatur der Erde höchst wichtige Satz hat eine unwiderlegliche Bestätigung durch die von mir[4] hervorgehobene Thatsache erhalten, daſs in einer Strecke, welche von Kamtschatka aus neben dem Nordpole vorbei mit einem Arme nach Norwegen, mit einem zweiten nach den Shetländischen Inseln hinläuft, die Temperatur des Bodens ungleich höher ist, als sie den Breiten gemäſs seyn sollte, wovon die Ursache nicht wohl eine andere seyn kann, als daſs daselbst nach Cordier's[5] sehr wahrscheinlicher Hypothese die bereits reducirte äuſsere Erdkruste noch ungleich dünner und daher von ihrer ursprünglichen Hitze weniger abgekühlt ist. Hieraus wird dann auch die bereits[6] erwähnte ungewöhnlich hohe Bodentemperatur in Norwegen, Lappland und Finnland erklärlich. Wäre diese Linie der gröſsten Bodenwärme durch genügende Messungen

1 Vergl. *Erde*. Bd. III. S. 993.

2 Poggendorff Ann. XV. 176.

3 Meteorologie. Th. II. S. 204.

4 S. Art. *Meer*. Bd. VI. Abth. 3. S. 1684. Eine ausführlichere Abhandlung hierüber habe ich 1836 zu Jena in der physikalischen Section vorgelesen.

5 Biblioth. univers. T. XXXVII. p. 102.

6 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 999.

genau bestimmt, und kennten wir auf gleiche Weise die Linien der geringsten Bodentemperatur, welche ohne Zweifel von zwei Kältepolen aus zum Aequator laufen, so ließen sich allgemeine Ausdrücke für die Bodentemperatur unter den verschiedenen Breitengraden auffinden, in denen nicht bloß die Grade der Breite, sondern auch die Abstände von diesen Hauptlinien enthalten seyn müßten. Da hierzu jedoch die Elemente fehlen, so müssen wir uns vor der Hand mit denjenigen annähernden Resultaten begnügen, die sich auf die bis jetzt bekannten Thatsachen stützen.

57) Kupffer hat die Bodentemperatur für vier Meridiane, die Länge vom Pariser Meridiane an gemessen, unter allgemeine Ausdrücke gebracht, wobei die berechneten Werthe mit den beobachteten sehr gut übereinstimmen. Nach der durch Kämtz vorgenommenen Reduction auf Centesimalgrade findet er für den Meridian von 0° aus den Messungen zu Paris und Edinburg

$$t\varphi = 26°,63 - 26°,12 \text{ Sin.}^2 \varphi,$$

für den zweiten Meridian von 20° östl. L. aus Messungen zu Cairo und Upsala

$$t\varphi = 30°,5 - 32°,0 \text{ Sin.}^2 \varphi,$$

für den dritten Meridian von 60° östl. Länge aus Messungen zu Kisnekejewa und Bogoslowsk

$$t\varphi = 28°,63 - 34°,38 \text{ Sin.}^2 \varphi$$

und für den vierten Meridian von 80° westl. Länge aus Messungen auf Jamaica und zu Philadelphia

$$t\varphi = 30°,0 - 42°,13 \text{ Sin.}^2 \varphi.$$

Aus diesen Gleichungen folgen die Temperaturen des Aequators und des Poles:

Erster Meridian	Aequator	26°,63	Pol	0°,51
Zweiter Meridian	.....	30,50	..	— 1,50
Dritter Meridian	.....	28,63	..	— 4,25
Vierter Meridian	.....	30,00	..	— 12,13

Ohne Zweifel entfernt sich die Bodentemperatur unter dem Nordpole nicht weit von der ersten Bestimmung, da die oben angegebene Linie der größten Erdwärme nicht weit vom Pole hinzulaufen scheint, die andern Bestimmungen aber zeigen sichtbar den Einfluß der beiden Kältepole. Diese letzteren verursachen auch eine ungleiche Temperatur des Aequators, dessen größte Wärme in das Innere Africa's fällt, während

sein kältester Punct vermuthlich dem 80. Grade westlicher und dem 60. Grade östl. Länge zugehört, oder, wenn wir die muthmafsliche Lage der Kältepole und das nicht zweifelhafte Verhältnifs zwischen dem magnetischen und thermischen Verhalten der Erdrinde berücksichtigen, können wir die gröfste Bodenwärme dahin setzen, wo die isodynamischen Linien[1] sich am stärksten nach den Polen hin biegen, also etwa unter den 22. und unter den 175. Grad östl. Länge von Gr., die geringste Bodenwärme aber dahin, wo ebendiese Linien ihre stärkste Krümmung gegen den Aequator haben, also in die Meridiane 90° westlicher und 95° östl. Länge. Dafs die Linien der gröfsten Kälte nicht genau in die Mitte zwischen die beiden Linien der gröfsten Wärme fallen, erklärt sich leicht aus der Configuration der nördlichen Halbkugel, weil der tellurische Magnetismus, sobald wir ihn als Thermomagnetismus betrachten, vorzüglich durch das Land, weit weniger durch das Meer bedingt wird. Die hierüber neuerdings aufgestellten Hypothesen stehen mit einander in so innigem Zusammenhange und erhalten durch die Resultate der neuesten Forschungen eine so überraschende Bestätigung, dafs sie dadurch ausnehmend an Wahrscheinlichkeit gewinnen.

58) Kämtz[2] hat dieses Problem gleichfalls ausführlich behandelt, und ich theile um so lieber eine Uebersicht der von ihm gefundenen Resultate mit, als mir nicht hinlängliches neues Material zu Gebote steht, um eine eigene Bearbeitung nur zu versuchen. Auch hierbei liegt meistens die aus Quellen gefundene Bodentemperatur zum Grunde, obgleich Kämtz die Unsicherheit der hieraus entnommenen Bestimmungen, den oben angegebenen Gründen gemäfs, keineswegs verkennt. Um den Einflufs der Höhe zu corrigiren, nimmt er für 150 Toisen Erhebung eine Verminderung von 1° C. an, statt dafs Kupffer diese Gröfse nur nahe auf 100 Toisen setzt. Für die Westküste des alten Continents findet Kämtz nach Messungen von 15° bis 55° N. B. den allgemeinen Ausdruck

$$t\varphi = 0°{,}795 + 24°{,}649 \text{ Cos.}^2 \varphi.$$

Für den weiteren Verfolg dieser Linie vom 54. bis 70. Grade N. B. findet er den Ausdruck

1 Vergl. Bd. VIII. Charte II.

2 Meteorologie. Th. II. S. 204 ff.

$$t\varphi = -0{,}754 + 28^{0}{,}933 \text{ Cos.}^{2}\,\varphi.$$

Hiernach ist die Temperatur des Aequators 25°,44 und die des Nordpols 0°,75 und es fallen die

Isogeotherme	von	25°	in	8°	9′	N. B.
—	—	— 20	-	28	6	—
—	—	— 15	-	40	37	—
—	—	— 10	-	52	16	—
—	—	— 5	-	63	31	—
—	—	— 0	-	80	43	—

Für einen östlichern Meridian im Innern von Africa geben Messungen zu Germa, Cairo und Palermo

$$t\varphi = -6{,}939 + 37^{0}{,}875 \text{ Cos.}^{2}\,\varphi.$$

Hiernach fallen die

Isogeotherme	von	30°,94	in	0°	0′	N. B.
—	—	— 25,00	-	23	19	—
—	—	— 20,00	-	32	30	—
—	—	— 15,00	-	40	26	—

Aus Messungen zu Palermo, Rom und Pavia ergiebt sich die Formel

$$t\varphi = -4^{0}{,}103 + 31^{0}{,}757 \text{ Cos.}^{2}\,\varphi,$$

wonach die Isogeotherme von 15° unter 39° 9′ N. B. fällt, also aus beiden Bestimmungen im Mittel in 39° 48′ N. B. Für Deutschland werden Beobachtungen von Pavia unter 45° 11′ bis Upsala unter 59° 51′ N. B. genommen, aus denen die Gleichung

$$t\varphi = 1^{0}{,}644 + 20^{0}{,}891 \text{ Cos.}^{2}\,\varphi$$

hervorgeht. Zahlreiche Messungen von Potsdam unter 52° 16′ bis Wadsöe unter 70° 15′ N. B. geben

$$t\varphi = -1^{0}{,}907 + 32^{0}{,}665 \text{ Cos.}^{2}\,\varphi.$$

Hiernach liegt die

Isogeotherme	von	10°	unter	52°	54′	N. B.
—	—	— 5	—	62	37	—
—	—	— 0	—	76	11	—

und die Temperatur des Poles = — 1°,91. Der erste Ausdruck giebt für die mittlere Bodenwärme hier in Heidelberg unter 49° 25′ N. B. 10°,486 C., der zweite 11°,917. Die aus Beobachtungen gefundene Bodentemperatur in 5,5 Fuſs Tiefe beträgt 8°,95, in 2 Fuſs Tiefe 8°,77 R. im Mittel 8°,86 R. oder 11°,07 C. Diese Bestimmung mit jener ersten Gröſse verglichen giebt einen Unterschied = + 0°,584, mit der

Digitized by Google

zweiten = — 0°,847, mit dem Mittel aus beiden = — 0°,131, also sehr unbedeutend abweichend, was für die Genauigkeit jener Formeln entscheidet. Für den 40. Grad östl. Länge geben Beobachtungen, die jedoch nur auf einen Meridianbogen von 43° 45′ bis 55° 45′ reichen, die Gleichung

$$t\varphi = -2^\circ{,}965 + 32^\circ{,}\ 593\ \mathrm{Cos.}^2\ \varphi$$

und für den 62. Grad östl. Länge solche, die von Kisnekejewa unter 55° 30′ bis Bogoslowsk unter 6° N. B. reichen,

$$t\varphi = -4^\circ{,}420 + 28^\circ{,}692\ \mathrm{Cos.}^2\ \varphi.$$

Unter dem Meridiane von etwa 75° östl. Länge rücken die Isogeothermen höher hinauf, wenn die Messungen Ledebour's am Altai unter 50° 30′ N. B., die in Darwar unter 11° 28′ und in Khatmandu unter 28° N. B. zum Grunde gelegt werden, denn diese geben

$$t\varphi = -4^\circ{,}167 + 32^\circ{,}964\ \mathrm{Cos.}^2\ \varphi.$$

Es fallen hiernach

	für 62° östl. L.	für 75° östl. L.
Isogeotherme von 25°		in 18° 18′ N. B.
— — — 20		- 30 11 —
— — — 15	in 34° 39′	- 39 39 —
— — — 10	- 44 51	- 48 32 —
— — — 5	- 55 3	- 57 47 —
— — — 0	- 66 53	- 68 53 —

Die Temperatur des Aequators ist hiernach 28°,19. Für die Ostküste America's benutzt Kämtz die Messungen zu Cumana, Kingston, Havannah, Charlestown, Philadelphia, Newyork, Cambridge, Albany und Lowville und findet hieraus die Formel

$$t\varphi = -9^\circ{,}226 + 36{,}920\ \mathrm{Cos.}^2\ \varphi.$$

Hiernach ist die Wärme des Aequators = 27°,69 und es fällt die

Isogeotherme von 25°	in 15° 39′ N. B.
— — — 20	- 27 9 —
— — — 15	- 35 54 —
— — — 10	- 43 48 —
— — — 5	- 51 37 —
— — — 0	- 60 0 —

Für den mittleren Theil von Nordamerica werden nur drei Messungen zu Maypures, Natchez und Cincinnati benutzt, welche den Ausdruck

Digitized by Google

$$t_\varphi = - 8^\circ,989 + 37^\circ,052 \text{ Cos.}^2 \varphi$$

geben. Hiernach ist die Temperatur des Aequators = 28°,06 und es fallen die

Isogeotherme	von	25°	in	16°	43′	N. B.
—	—	—	20	-	27	48	—
—	—	—	15	-	36	25	—
—	—	—	10	-	44	17	—
—	—	—	5	-	52	6	—
—	—	—	0	-	60	30	—

59) Ueberblickt man die hier mitgetheilten Thatsachen, so ergiebt sich daraus unverkennbar, dafs eine den Graden der Breite proportionale, überall gleichmäfsig abnehmende und also blofs durch den Einflufs der Sonnenstrahlen erzeugte Verbreitung der Wärme auf der Erde nicht statt finde. Eine ungleiche Wärmestrahlung von der Erde gegen den Himmelsraum, wodurch nach der herrschenden Ansicht der Physiker die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme wieder entfernt werden soll, wird man anzunehmen nicht geneigt seyn, obgleich diese Hypothese nicht widerlegt werden könnte, da noch zur Zeit nicht festgesetzt ist, wodurch jene Strahlung bedingt werde. Wir müssen daher annehmen, dafs die oben bereits angegebene ungleiche Abkühlung der Erdkruste der hauptsächlichste Grund der verschiedenen Bodentemperatur sey, aufserdem aber geht aus vielen Erfahrungen genügend hervor, dafs auch die ungleiche Wärme der Hydrometeore, jenachdem die Wasserdämpfe aus wärmeren oder kälteren Gegenden herbeigeführt werden, einen bedeutenden Einflufs ausüben, vor allen Dingen aber die Luftströmungen, die als kalt und trocken die vorhandene Wärme unmittelbar und durch Verdunstung entziehn, oder als warm und feucht eine entgegengesetzte Wirkung haben. Anderson[1] bemerkt in dieser Hinsicht sehr richtig, dafs die Wärme der Erdoberfläche, namentlich bei Nacht, von der Feuchtigkeit der Luft abhänge, denn wenn ihre Temperatur unter den Condensationspunct des atmosphärischen Wasserdampfes herabsinkt, so wird dieser niedergeschlagen und giebt Wärme ab. Bis zu welcher Grenze aber die für die verschiedenen Meridiane angegebenen ungleichen Bodentemperaturen genau sind, läfst sich schwer entscheiden,

1 Edinb. Phil. Journ. N. XI. p. 161.

Digitized by Google

da einigen Bestimmungen nur wenige und obendrein nicht ganz zuverlässige Messungen zum Grunde liegen, so dafs fortgesetzte Untersuchungen noch vielfache Berichtigungen erwarten lassen. Als gewifs läfst sich wohl annehmen, dafs sie im Ganzen der Wahrheit mindestens sehr nahe kommen, obgleich einige unverkennbare Anomalieen statt finden, die durch örtliche Modificationen der allgemeinen Ursachen erzeugt werden.

60) Die *Isogeothermen* oder diejenigen Linien, welche die Orte gleicher Bodentemperatur verbinden, sind ein vortreffliches Hülfsmittel, die Resultate der bisherigen Forschungen übersichtlich darzustellen, und obgleich nicht alle einzelnen Abweichungen durch sie ausgedrückt werden können, so sagt doch Kämtz sehr richtig, dafs hierin ebensowenig ein Argument gegen diese Art der Darstellung liege, als wenn man keine Landcharten zeichnen wollte, weil man nicht vermag, jede einzelne Krümmung der Grenzen darin aufzunehmen. Der Anblick der Isogeothermen gewinnt aber ausnehmend, wenn sie mit den Isothermen vereint die Abweichungen beider zugleich angeben. Auf diese Weise sind sie durch punctirte Linien so dargestellt worden, wie sie Kämtz nach den ihm zu Gebote stehenden Thatsachen gezeichnet hat[1].

C. Temperatur der Atmosphäre.

Die Kenntnifs der wechselnden Temperatur der Luft war seit den ältesten Zeiten ein vorzüglicher Gegenstand der Untersuchung, veranlafste hauptsächlich die Erfindung der Thermometer und macht noch gegenwärtig den Haupttheil wahrhaft zahlloser meteorologischer Beobachtungen aus. Sowohl die Mittel, um zu genügenden Resultaten dieser Aufgabe zu gelangen, als auch die Resultate selbst sind durch Kämtz so vollständig und überall mit Anwendung der zu benutzenden analytischen Ausdrücke zusammengestellt worden, dafs ich nicht umhin kann, diesem gewiegten Vorgänger in der Hauptsache überall zu folgen, wobei ich mich jedoch der Kürze wegen auf die hauptsächlichsten Thatsachen und die für die Anwendung nöthigsten Formeln beschränken werde.

61) Zur Auffindung der Lufttemperatur bedient man sich

1 S. die beiden den Kupfertafeln beigegebenen Charten.

gewöhnlicher *Thermometer*, von deren Güte die Genauigkeit der Resultate abhängt, und wenn es zugleich auf die Bestimmung der höchsten und niedrigsten Wärmegrade abgesehn ist, der hierzu sehr bequem eingerichteten *Thermometrographen*. Diese Instrumente müssen so aufgehängt seyn, daſs keine Nebenbedingungen einen Einfluſs auf ihren Stand ausüben; sie müssen also auf jeden Fall gegen die Einwirkung der direct oder durch Reflexion auf sie fallenden Sonnenstrahlen, ebenso sehr aber gegen künstlich erwärmte Luftströme, wie sie aus geöffneten Fenstern tiefer liegender geheizter Zimmer oder aus Oeffnungen technischer und Fabrik-Anstalten leicht aufzusteigen pflegen, wie nicht minder gegen örtliche Erwärmung durch die zwischen zahlreichen, nahe vereinten Häusern stagnirende Luft geschützt seyn. Berücksichtigt man zugleich die Bequemlichkeit der Beobachtung, so werden sie am angemessensten an einem Arme, etwa einen Fuſs von der Wandung entfernt, einem Fenster an der Nordseite der Gebäude gegenüber so befestigt, daſs ihre Grade auch bei Nacht sichtbar sind, was sich leicht dadurch bewerkstelligen läſst, daſs die Scalen auf einem schwarzen oder farbigen Grunde befestigt sind. Man hat ihnen zu noch gröſserer Bequemlichkeit auch eine solche Einrichtung gegeben, daſs die den Quecksilberfaden enthaltende Röhre etwa einen Fuſs lang horizontal fortläuft und dann rechtwinklig gebogen wird. Das Gefäſs und die horizontale Röhre werden dann durch eine Oeffnung im Fensterrahmen geschoben, darin befestigt und das im Zimmer befindliche, aufwärts gebogene Ende mit der daran befindlichen Scale dient zum Ablesen der Grade. Ihre Verfertigung erfordert indeſs groſse Sorgfalt.

62) Der Verfolg der Untersuchungen wird zeigen, daſs es hauptsächlich darauf abgesehn ist, das Mittel aus der bald steigenden, bald sinkenden Temperatur aufzufinden, wobei zur genauen Bestimmung dieser Gröſse nothwendig auch die Zeitdauer der gröſseren oder geringeren Wärme zu berücksichtigen ist. Sofern hiernach das Thermometer unausgesetzt beobachtet und registrirt werden müſste, was auſser dem Bereiche der Möglichkeit liegt, schlug Flaugergues[1] ein Instrument vor, welches er *Kryometer* (von χρύος, Frost und μέτρον,

1 Journal de Phys. T. XC. p. 130. T. XCV. p. 401.

Digitized by Google

Maſs) nannte, um die Intensität der Kälte aus der Gröſse ihrer Wirkung zu messen. Dieses besteht aus einem etwas konischen Gefäſse mit Wasser, welches durch die Kälte in Eis verwandelt wird, wobei also die Intensität der Kälte aus der Menge des in einer gegebenen Zeit erzeugten Eises gemessen werden könnte. Die nächste, gegen die Anwendung dieses Instrumentes sich darbietende Schwierigkeit, daſs das Verhältniſs der Eisbildung zur Intensität und Dauer der Kälte noch nicht bestimmt ist, lieſse sich beseitigen, wenn man dasselbe für das jedesmal anzuwendende Gefäſs durch gleichzeitige Messung der Dicke des erzeugten Eises und in kurzen Zeitintervallen anhaltend wiederholte Thermometerbeobachtungen zu bestimmen suchte; allein ein wichtiges Hinderniſs liegt darin, daſs ein offenes Gefäſs zu sehr vom Einflusse der durch ungleiche Trockenheit der Luft bedingten Verdunstung, ein verschlossenes aber von der Ableitung der Wärme und beide von der Stärke der Luftströmung abhängig seyn würden. Ebendieses steht der Anwendbarkeit eines von Richmann[1] vorgeschlagenen Verfahrens entgegen, wonach die mittlere Temperatur durch die Stärke der Verdunstung gemessen werden soll. Allerdings verdunstet selbst das Eis, und das angegebene Mittel wäre daher bei allen Temperaturen anwendbar, wozu die Formeln angegeben worden sind, allein ohne gleichzeitige Bestimmung des hygrometrischen Zustandes der Luft lieſse sich gar keine Genauigkeit erwarten, und hierfür sind Thermometermessungen unentbehrlich, so daſs man also einen weitläufigen indirecten Weg statt eines directen wählen würde, der anderweitigen Hindernisse nicht zu gedenken. Grassmann[2] hat vorgeschlagen, die mittlere Temperatur eines gewissen Zeitintervalls durch eine Uhr zu messen, deren Pendel ohne Compensation sich durch die Wärme ausdehnen und durch die ungleiche Dauer seiner Oscillationen die Stärke dieses Einflusses angeben würde. Dieser Vorschlag ist allerdings sinnreich und seine Ausführbarkeit geht aus den beigefügten Berechnungen unverkennbar hervor; theils aber ist dieses Mittel kostspielig,

---

1 Nov. Comm. Petrop. T. II. p. 172.

2 Poggendorff Ann. IV. 419. Ein anderer Vorschlag zu einer negativ compensirenden Uhr findet sich in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLIII. p. 186.

Digitized by Google

weil es eine sehr gute Uhr erfordert, die noch obendrein, der freien Luft ausgesetzt, manchen Einflüssen der Feuchtigkeit, des Staubes in der Atmosphäre, sich ansetzender Spinnen und Insecten u. s. w. ausgesetzt seyn würde. Weit zweckmäſsiger und leicht ausführbar ist der Vorschlag Poggendorff's[1], das zu beobachtende Thermometer mit einer Hülle schlecht leitender Substanzen zu umgeben, die sich leicht so herstellen lieſse, daſs wie bei einem bis über 1 Fuſs in die Erde eingesenkten Thermometer eine einzige tägliche Beobachtung genügen würde. Bei der wirklichen Anwendung dieses Verfahrens müſsten dann anfangs die Bedingungen bestimmt werden, unter denen die genauesten Resultate zu erhalten wären.

a) Höhe des Beobachtungsthermometers über dem Boden.

63) Daſs die Wärme nach oben abnehme, ist eine bekannte Sache, allein im Mittel gehn auf 600 Fuſs ungefähr 1° R., mithin 60 Fuſs auf 0°,1, und so hoch wird in der Regel kein Beobachtungsthermometer zur Auffindung der mittleren Luftwärme aufgehangen seyn. Es geht jedoch aus den Untersuchungen über irdische Strahlenbrechung genügend hervor[2], daſs häufig ungleich erwärmte horizontale Luftschichten über einander befindlich vorhanden sind, und so verdient also die Frage allerdings Beachtung, in welcher Höhe ein Thermometer aufgehangen seyn müsse, um die Temperatur eines gewissen Ortes genau anzugeben. Am bekanntesten unter den Versuchen, die zu verschiedenen Zeiten zur Beantwortung derselben angestellt wurden, sind die von Pictet[3] zu Genf, die er im August und September 1778 anfing und im folgenden Jahre fortsetzte. An einem 75 Fuſs hohen Mastbaume war oben ein Thermometer so befestigt, daſs es zum Beobachten herabgelassen werden konnte, das unterste Thermometer war 5 Fuſs über dem Boden aufgehängt, zwischen beiden waren an einer ausgespannten Schnur noch andere Thermometer in Zwischenräumen von 5 bis 6 Fuſs so angebracht, daſs sie in

1 Dessen Annalen IV. 417.

2 S. Art. *Strahlenbrechung*. Bd. VIII.

3 Essay sur le feu. chap. 8. Versuch über d. Feuer. S. 162 ff.

den Schatten gedreht werden konnten, und außerdem wurde die Kugel eines Thermometers in die oberste Kruste der Erde geschoben. Am auffallendsten hierbei ist die Behauptung, daſs der Gang des 5 Fuſs hohen und des 75 Fuſs hohen nicht nur am genauesten mit einander übereinstimmend gewesen sey, sondern daſs auch ihre absolute Höhe, obgleich das erstere im Schatten, das letztere in der Sonne hing, im Mittel keine merklichen Unterschiede dargeboten habe. Unmittelbar vor Sonnenaufgang zeigten alle Thermometer ein Sinken der Temperatur, nachher stiegen sie bis 3 Uhr Nachmittags, wo allgemein die gröſste Wärme gefunden wurde, und das in die Erde gesenkte zeigte an einem warmen Augusttage sogar 45° R. Winde machten den Gang der Thermometer veränderlich, Wolken bewirkten ein Sinken, die gröſste Regelmäſsigkeit fand an ruhigen, gleichmäſsig trüben Tagen statt. Der Gang der 5 Fuſs und 75 Fuſs hohen Thermometer wird genauer beschrieben. Zwei bis $2\frac{1}{2}$ Stunden nach Sonnenaufgang standen beide gleich hoch, später ging das untere voraus und erreichte zur Zeit der gröſsten Wärme das Maximum des Unterschiedes mit etwa 2° R. Bald nachher nahm dieser Unterschied ab und verschwand nahe vor Sonnenuntergang, ging dann in das Entgegengesetzte über, welches gegen das Ende der Dämmerung meistens wieder bis 2° R. und noch darüber betrug. Dieser letztere Unterschied schien die ganze Nacht hindurch zu dauern, wie daraus geschlossen wird, daſs Abends 11 Uhr und kurz vor Sonnenaufgang das untere Thermometer stets 1 bis 2 Grade niedriger stand; erst einige Zeit nach Sonnenaufgang kamen sie wieder zusammen. Dieser Gang fand bei ruhigem und heiterem Wetter allezeit statt, war aber bei Wind und Wolken weniger merklich und verschwand ganz bei heftigem Winde und dicken Wolken.

64) Aehnliche Resultate erhielt Six[1] vermittelst dreier in ungleichen Höhen aufgehängter Thermometer, deren erstes am Thurme zu Canterbury 220 engl. Fuſs hoch, das zweite am Fuſse des Thurms 110 F. hoch und das dritte im Garten 6 F. hoch aufgehangen waren. Hiermit fand er vom 4ten bis 24sten Sept. im Mittel die Maxima

1 Phil. Trans. T. LXXIV. p. 428.

Digitized by Google

am Tage	in 6 F. = 18°,33;	in 110 F. = 16°,85;	in 220 F. = 16°,24
bei Nacht	- — = 10,18	- — = 10,87	- — = 10,97
Mittel	- — = 14,25	- — = 13,86	- — = 13,61

wonach also das unterste Thermometer das mittlere um 0°,39 und das oberste um 0°,64 übertraf. Bei einer zweiten Reihe von Versuchen vom 20sten Dec. bis 8ten Januar betrugen die Maxima im Mittel

am Tage	in 6 F. = 1°,50;	in 110 F.[1] = 1°,61;	in 220 F. = 1°,78
bei Nacht	- — = —3,39	- — = —3,00	- — = —2,62
Mittel	- — = —0,94	- — = —0,69	- — = —0,42

wonach gleichfalls das unterste die gröſste Kälte zeigte. Werden beide Mittel ausgeglichen, so erhalten wir für die drei Thermometer

unterstes = 13°,31, mittelstes = 13°,17, höchstes 13°,19.

Bei der ersten Reihe von Beobachtungen war am Tage das untere Maximum gröſser als das oberste, bei Nacht fand das umgekehrte Verhalten statt; der Unterschied betrug 2°,09 C. und 0°,97, bei der zweiten Reihe fand gerade das Gegentheil statt, indem das oberste Thermometer um 0°,28 und 0°,77 höher stand, wenn wir die negativen Grade als den positiven entgegengesetzt betrachten. Als Six später die Versuche fortsetzte[2], fand er, daſs der Boden einer Wiese oder eines Gartens, mochte derselbe höher oder niedriger seyn, in der Regel und vorzüglich bei hellem Himmel kälter war, als die Luft über demselben. Pictet[3] erwähnt, das Gegentheil gefunden zu haben, entweder weil er nicht oft genug beobachtete, oder weil sein Mastbaum auf einem dürren Boden aufgerichtet war. Dabei verdient nicht übersehn zu werden, daſs das Thermometer 4 Lin. oberhalb des Bodens am Abend tiefer stand, als das 5 Fuſs hohe, während das in die Erde eingesenkte höher stand, als jedes andere.

Al. v. Humboldt[4] nimmt im Allgemeinen an, daſs in den gemäſsigten Zonen der Boden bei Nacht um 4° bis 5° C.

1 Diesesmal befand sich das Thermometer auf einem Hügel in gleicher Höhe mit dem am Thurme.

2 Philos. Trans. LXXVIII. p. 108.

3 Vom Feuer §. 136. p. 168.

4 G. LVI. 89.

Digitized by Google

erkalte und daher die Wärme bis 50 F. Höhe zunehme. Auch von der südlichen Halbkugel ist eine Reihe von Versuchen bekannt, die zur Beantwortung der vorliegenden Frage zu Port Macquerie unter etwa 41° S. B. durch Brisbane[1] angestellt wurden. Dieser hing zwei Thermometer auf, eins in 13, das andere in 65 engl. F. Höhe, so daſs letzteres also 52 F. höher hing, als das erstere. Die Unterschiede waren für das obere in Centesimalgraden

	Sonnen-Aufgang	9 U. M.	Mittag	3 U. N.	Sonnen-untergang
Maxima . .	—7°,22	—13°,88	—10°,00	— 6°,00	— 5°,28
Minima . .	0,00	0,83	0,28	0,00	1,67
Mittel . . .	— 3,33	— 5,04	— 4,19	— 3,06	— 1,95

Nur in drei Fällen unter 108 Beobachtungen im Juni stand also das obere Thermometer etwas höher als das untere und selbst die mittleren Unterschiede sind weit gröſser, als die auf der nördlichen Halbkugel erhaltenen. Leider fehlen die nächtlichen Unterschiede, um zu entscheiden, ob beide einander ausgleichen, wie auf jeden Fall wahrscheinlich ist.

65) Ein nicht eben bedeutender Beitrag zur Beantwortung der Frage über die Höhe des Beobachtungsthermometers über dem Boden kann aus den durch Lamanon[2] erhaltenen Resultaten entnommen werden, welcher am 27sten Aug. 1778 von Vormittag 6 Uhr an gleichzeitig 5 Thermometer beobachtete. Das eine derselben A hing in einem nach Norden gelegenen Zimmer, ein zweites B im Freien im Schatten, ein drittes C über einem freien Felde, ein viertes D war mit der Kugel in die Erde gesenkt und ein fünftes E war in einen Canal mit flieſsendem Wasser getaucht. Folgendes waren ihre gleichzeitigen Stände in Graden der achtzigtheiligen Scale:

1 Edinb. Journal of Science N. XII. p. 248.
2 Journal de Phys. T. LXVIII. p. 119.

Stunden	A	B	C	D	E
Von 6 bis 7	19°,6	17°,8	20°,5	17°,8	17°,7
— 8 — 2	20,9	22,1	26,2	20,6	18,8
— 2 — 8	21,7	22,2	24,1	22,0	19,8
— 8 — 2	18,6	14,6	14,0	18,2	16,9
— 2 — 7	16,4	11,3	10,3	15,6	15,3
Mittel	19,4	17,6	19,0	18,8	17,7

wonach also das Mittel aus den Beobachtungen in frei fliefsendem Wasser dem aus Beobachtungen im Freien erhaltenen bis auf einen verschwindenden Unterschied gleich kommt; man begreift jedoch leicht, dafs das Wasser im Winter sich zu solchen Beobachtungen nicht eignet. Ungleich wichtiger ist das Resultat, welches aus meinen eigenen Beobachtungen hervorgeht. Die hierüber oben §. 40 mitgetheilte Tabelle ganzjähriger, mindestens einmal täglich gleichzeitig an verschiedenen Stunden des Tages angestellter Messungen giebt für ein 2 Fufs über dem Boden hängendes Thermometer im Mittel 8°,56 R. und für ein 28 Fufs hohes 8°,63 mit einer unbedeutenden Differenz von 0°,07, welche eine Folge davon seyn kann, dafs das letztere Thermometer, 11 Zoll von der Wand des Hauses abstehend, einem unmerklichen Einflusse hiervon ausgesetzt seyn konnte. Man ersieht hieraus, dafs die Höhe, in welcher meistens die Thermometer aufgehängt zu seyn pflegen, die gewifs nur selten aufserhalb der angegebenen Grenze liegt, keinen Einflufs auf die Genauigkeit der mittleren Resultate hat.

b) Einflufs der Höhe auf die Temperatur.

66) Da diese Aufgabe bereits untersucht worden ist[1], so wird es genügen, hier nur einige wesentliche Ergänzungen hinzuzufügen. Vor allen Dingen ist wichtig zu bemerken, dafs unterdefs Kämtz[2] die hierher gehörigen Thatsachen schärfer berechnet und in gröfserem Umfange unter allgemeine Ausdrücke gebracht hat, als durch mich geschehn ist. Als eine beachtenswerthe Zugabe zu den bisher bekannten Angaben ist das

1 *Erde.* Bd. III. S. 1008. Vergl. Art. *Höhenmessung.* Bd. V. S. 311.

2 Lehrbuch der Meteorologie. Th. II. S. 127 ff.

Digitized by Google

Resultat zu betrachten, welches v. Horner[1] aus vielen und genauen Beobachtungen am Rigi erhalten hat, wonach die Wärmeabnahme im Sommer sehr regelmäſsig 1° R. für 97 Toisen betrug, wogegen im Winter wegen des Einflusses der südlichen Winde keine genaue Bestimmung möglich war. Auch Guerin[2] fand bei seinen Messungen auf dem Mont-Ventoux bei Avignon, daſs der Höhen-Unterschied für 1° R. im Sommer 80 Toisen, im Winter 100 T. und in der Zwischenzeit 90 T. betrug. Nach dem Resultate, welches Kupffer[3] bei seiner Besteigung des Elbrus im Monat Juli erhielt, nimmt dort die Wärme bis zur Schneegrenze (10400 Par. F.) für 680 Fuſs um 1° R. ab, über derselben aber bis zu 14800 F. gehören 630 F. für 1° R. Sehr abweichend von diesen und wohl von allen übrigen Bestimmungen ist die Gröſse, welche Hewit C. Watson auf Schottlands Hochgebirgen auffand, wonach im Mittel für 1° R. nur 457 Par. F., also für 1° C. 365 Par. F. gehören. Sind gleich diese Messungen nicht absolut genau, so kann doch der bedeutende Unterschied nicht ganz als Beobachtungsfehler gelten, und wir müssen daher schlieſsen, daſs in jenen Gegenden die Wärmeabnahme gröſser sey, als in andern[4]. Berücksichtigen wir den Umstand, daſs die Beobachtungen im Sommer angestellt wurden, zu welcher Zeit die Wärmeabnahme schneller erfolgt, so stimmt das Resultat sehr genau mit einem andern überein, welches Berghaus[5] mittheilt. Hiernach gehören für 1° R.

beim Ochsenkopf	im Sommer 425 Fuſs,	im Herbst	524 F.
auf der schwäb. Alp	496 —	—	— 697 —
auf dem Brocken	—	—	— 708 —

Eine wichtige Bestimmung der Wärme-Abnahme bei wachsender Höhe geben die in den Jahren 1817 und 1818 während 15 Monaten täglich gleichzeitig angestellten Temperaturbeobachtungen zu Genf und auf dem Hospitium des St. Bern-

1 Verhandl. der allgemeinen Schweiz. Ges. für d. ges. Naturw. 13te Jahresvers. Zürich 1828.

2 Ann. Chim. Phys. T. XLII. p. 429.

3 Ebend. p. 110.

4 Dieses läſst sich mit der dortigen gröſseren Bodenwärme, die nicht bis zu solchen Höhen reicht, recht gut vereinigen.

5 Deutschlands Höhen. 1834. Th. I. S. 240.

Digitized by Google

hard[1]. Der Höhenunterschied beider Stationen beträgt 1075 Toisen oder 6450 Par. Fuſs, der ganzjährliche Unterschied der Temperatur aus den Beobachtungen bei Sonnenaufgang wurde = 8°,03 und um 2 Uhr Nachmittags = 8°,33 gefunden, im Mittel also = 8°,18, wonach für 1° R. Wärmeabnahme 788,5 Par. F. Höhenunterschied gehören oder für 1° C. 630 Par. F., etwas mehr, als gewöhnlich gefunden worden ist, wahrscheinlich weil hierbei auch Winterbeobachtungen vorhanden sind, die eine geringere Wärmeverminderung geben.

67) Mit allen bisher erhaltenen Resultaten steht auf den ersten Anblick im offenbaren Widerspruche dasjenige, welches die durch Parry und Fischer in den hohen Polargegenden angestellten Versuche ergeben haben[2]. Jene kühnen Reisenden befestigten ein Registerthermometer an einen Drachen und lieſsen diesen aufsteigen; zwei Gehülfen maſsen parallaktisch die Höhe, welche im Maximum 379 engl. Fuſs betrug, aber das Thermometer zeigte keinen Unterschied. Nach einigen vergeblichen Versuchen gelang einer vollständig, indem das Thermometer fast 15 Minuten oben blieb und ohne alle Erschütterung herabkam, aber die Indices zeigten nicht die geringste Differenz. Dr. Young[3] folgert hieraus, daſs die Abnahme der Temperatur in den arktischen Regionen sehr gering seyn müsse und sich daher kein allgemeines Gesetz über die mit der Höhe abnehmende Wärme aufstellen lasse. Wie auffallend indeſs dieses Ergebniſs scheinen mag, so setzt es doch der Erklärung nicht ganz unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Einmal gehört zu einer Erhebung von 379 engl. oder 355,5 Par. Fuſs nur ungefähr 0°,5 R. Wärmeverminderung und die letztere Gröſse wird im Winter, also bei gröſserer Kälte noch geringer; es war aber die Temperatur bei jenem Versuche — 24° F. oder — 31°,2 C., wonach also der zu messende Unterschied der Wärme wahrscheinlich 0°,25 C. nicht wohl übersteigen konnte, welcher durch ein Registerthermometer schwerlich angegeben wird. Inzwischen verdient doch diese anscheinend wohlbegründete Thatsache bei den

1 Biblioth. univ. T. X ff.

2 Edinb. Journ. of Science. N. XII. p. 247.

3 Quarterly Journ. of Sc. N. XLII. p. 364.

theoretischen Bestimmungen über die Ursache der tellurischen Wärme beachtet zu werden.

68) Eine Folge der mit der Höhe abnehmenden Wärme und der geringeren täglichen und jährlichen Schwankungen ist die *Schneegrenze*, worüber bereits ausführlich gehandelt worden ist[1]. Als Zusatz darf aber der wichtige Beitrag nicht übergangen werden, welchen wir den eifrigen Forschungen Pentland's[2] verdanken. Dieser fand, dafs die Schneegrenze in Oberperu nicht tiefer, als bis 16008 Par. Fufs herabging, während sie in Quito, näher am Aequator, bis 14776 Par. F. herabsteigt. Bei seinem Uebergange über den Pafs von Altos de Toledo im October fand er, dafs auf dem Inchocajo, welcher den westlichen Cordilleren angehört, die untere Schneegrenze in 15792,5 F. Höhe lag. Bei den Himalaja-Gebirgen zeigt sich eine gleiche Anomalie wegen der sie begrenzenden ausgedehnten Hochebene, aber es ist merkwürdig, dafs sie auch in Peru auf der südlichen Halbkugel angetroffen wird, da man sie bisher nur unter umgekehrten Verhältnissen auf der nördlichen kannte, dafs nämlich ausgedehnte Gebirgsebenen die Schneegrenze nach derjenigen Seite hin, woher sonst die kälteren Winde zu wehen pflegen, höher hinaufrücken. Auf den Anden von Mexico unter 18° bis 19° N. B. hört mit 13206 Par. F. alle Vegetation auf, in Peru aber, unter gleicher südlicher Breite und auf der nämlichen Bergkette, reicht der Ackerbau, ja selbst Städte und Landgüter reichen so hoch hinauf und die meisten Einwohner dieser Gegend wohnen in Höhen, in denen auf der nördlichen Halbkugel alle Vegetation aufhört.

Für Norwegen, wo die Schneegrenze ausnehmend hoch liegt, geht sie nach Hisinger[3] unter 63° N. B. bis 4950 Fufs herab. Eine gröfsere Anzahl von Bestimmungen für jene Gegenden hat Hagelstam[4] mitgetheilt. Nach diesem geht sie am Nordcap unter 71° 30′ N. B. bis 2252 Par. F. herab; vom 70. bis 69sten Breitengrade beträgt ihre Höhe 3378 Fufs; vom 68. bis 67sten Grade beträgt diese über den Küsten 3096 F.,

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1020.
2 Edinb. New Phil. Journ. N. XVI. p. 311.
3 Hertha. Th. IV. Zeitung S. 23.
4 Edinb. New Phil. Journ. N. X. p. 305.

auf den Bergen 3660 F. Vom 64. bis 63sten Breitengrade westlich der Gebirge (Fiallrygg) ist sie 4500 F. hoch, vom 63. bis 62sten Grade über dem Dovrefield 4973 Fuſs. Unter dem 62. bis 61sten Grade auf dem Langfield befindet sie sich in 5076 Fuſs Höhe und steigt unter dem 61. bis 60sten Grade auf dem Fillefield bis 5254 F. Höhe. Unter dem 60. bis 59sten Breitengrade endlich ist sie auf der Bergkette 5442, auf den Folgeforden aber nur 4691 F. hoch. In Schweden ist ihre Höhe etwas verschieden und beträgt unter dem 67sten Breitengrade 4128 F., unter dem 64. bis 63sten Breitengrade 4878 F., zwischen dem 61. und 60sten Breitengrade 5442 F. und unter dem 59sten Grade 5629 F.

Kämtz[1] bezweifelt, daſs die Schneegrenze unter dem 80sten Breitengrade die Erdoberfläche berühre, und glaubt, diese Linie müsse dem Pole noch näher liegen, wo nicht denselben erreichen. Es ist schwer, hierüber mit Bestimmtheit zu entscheiden, da die Schneegrenze nicht mit der mittleren Temperatur von 0° C. zusammenfällt, sondern unter dem Aequator schon bei einer etwas höheren beginnt, unter höheren Breiten aber eine um einige Grade niedrigere mittlere Wärme erfordert, weil sie hauptsächlich von der Intensität der Sommerwärme abhängt, die nicht mehr im Stande seyn darf, das gebildete Eis gänzlich aufzulösen. Wenn man berücksichtigt, in welchem Verhältnisse die Schneegrenze vom 60sten bis 70sten Breitengrade herabsinkt, so müſste sie hiernach allerdings unter 80° N. B. die Erdoberfläche berühren, allein es sind mehrfache anderweitige Thatsachen zu berücksichtigen, wenn man diese Frage beantworten will. Kämtz hat die Aufgabe umfassend und gründlich untersucht, ohne jedoch zu einem überzeugenden Resultate zu gelangen, welches daher rührt, daſs die zur Entscheidung nöthigen Elemente noch nicht genügend erforscht worden sind. Das von ihm aufgestellte Argument, daſs sich an einzelnen Stellen auf Spitzbergen noch Spuren von Vegetation finden und die dortigen Eismassen eher den Gletschern beizuzählen seyen, als daſs sie die Schneegrenze bezeichnen sollten, beweist wohl nicht genügend, daſs die Grenze des ewigen Schnees erst jenseit des 80sten Breitengrades den Boden berühre, denn dort befindet sich die

1 Lehrbuch der Meteorol. Th. II. S. 174.

Digitized by Google

äufserste Grenze Spitzbergens, wo schwerlich noch Vegetation angetroffen wird, und aufserdem werden auch an andern Stellen oberhalb der Schneegrenze unter gewissen günstigen Bedingungen ausnahmsweise einige Vegetabilien gefunden. Mit Gewifsheit die Linie anzugeben, wo an den verschiedenen Orten der Erde die Schneegrenze den Boden berührt oder das Sphäroid der Schneegrenze in das Erdsphäroid einschneidet, wird jedoch für jetzt noch niemand wagen.

69) Diese Aufgabe steht im genauesten Zusammenhange mit der Frage über den Einflufs, welchen die mit der Höhe zunehmende Kälte auf die *Vegetation* ausübt. Inzwischen ist diese Untersuchung rücksichtlich der darüber vorhandenen Thatsachen von so unermefslichem Umfange und greift so tief in das Gebiet der Pflanzenphysiologie ein, dafs ich nur einige wenige Bemerkungen mittheilen kann. Im Allgemeinen wird angenommen, dafs die durch die Höhe bedingte Kälte einen gleichen Einflufs auf die Vegetabilien ausübe, als die unter höheren Breitengraden statt findende. Gegen diese Annahme an sich läfst sich nichts einwenden, sofern bestimmte Intensitäten der Wärme zum Gedeihen der verschiedenen Pflanzenarten unumgänglich erforderlich sind, inzwischen kommen doch für beide Verhältnisse noch andere Bedingungen in Betrachtung. Auf hohen Bergen ist die Luft dünner und die Sonnenstrahlen erzeugen in den festen Körpern, worauf sie fallen, eine gröfsere Wärme, als dieses unter hohen Breiten in geringer Erhebung bei oft trübem Himmel geschehn kann; allein der hieraus erwachsende Vortheil wird mehr als vollständig aufgehoben durch die starken Strömungen der trocknen Luft, die auf zartere Gewächse selbst in geringen Höhen schon einen nachtheiligen Einflufs ausüben, gegen welchen sie nur durch umgebende Gegenstände geschützt werden.

Unter den Beobachtern, welche den Einflufs der Höhe auf die Vegetation vorzüglich beachtet haben, ist vor allen v. Humboldt zu nennen[1]. Vom Rio de Guayaquil aus am Chimboraço reicht

bis 2700 Fufs die Region der Palmen und Pisangs,
— 9000 — — — der tropischen Eichen und Cinchonen,

1 Dessen Reisen. Uebers. Th. III. S. 80.

bis 12000 Fuſs die Region der Escallonien und Zimmt-Wintera's,
— 12600 — — — der kräuterartigen Alpenpflanzen,
— 14600 — — — der Gräser und kryptogamischen Gewächse.

Nach PÖPPIG[1] reicht die Vegetationsgrenze am Popocatepetl bis 12693 Fuſs, die Grenze des Nadelholzes bis 12544 F. Bei Huanaco in Peru wächst Mais bis 2770 F., und an einigen Stellen, wo er ringsum nicht mehr gedeiht, reicht er bis zu einer Höhe von 3232 F. Die gröſste bis jetzt bekannte Höhe, auf welcher man noch Gewächse gefunden hat[2], befindet sich in der Himalaya-Gebirgskette, woselbst WEBB unweit des Passes Kedarnoth in 14004 F. Höhe noch 8 F. hohe Pappeln und Tamarisken nebst Kornbau und Weideplätzen antraf und GERARD eine geruchlose Art Salbei sogar in 15952 F. Höhe fand. KUHL untersuchte auf Madeira die mit der Höhe abnehmende Vegetation; die Cactus reichten bis 630 F., der Weinstock bis 2030 F. und der Wallnuſsbaum bis 2950 F., bis wohin sich auch das Spartium erstreckte, während die Heiden den Raum von 3920 bis 4080 F. inne hatten. Eine ebenso ausführliche als gründliche Untersuchung über die Temperaturverhältnisse und die diesen angemessene Vegetation auf dem Pic du Midi hat RAMOND[3] angestellt. Nach DE SAUSSURE[4] wird in den Alpen *silene acaulis* noch in 10680 F. Höhe angetroffen, *aretia helvetica* und *ranunculus glacialis* in 10500 F. Höhe, obgleich die Schneegrenze daselbst bei einzelnen Spitzen bis 8400 und bei Bergketten bis 7800 F. herabgeht. Unter Anderen hat auch v. WELDEN[5] die Höhen bestimmt, welche die verschiedenen Gewächse in den Alpen erreichen. Hiernach gehn die Grenzen des Hochwaldes am Monte-Rosa bis 7000 F. über der Meeresfläche, ebenso hoch am Tabor in Savoyen, in Salzburg dagegen nur bis 5000 F. und in Splügen bis 4400 F. Getreide wächst am Monte-Rosa auf der Südseite bis 5880 F. Höhe, gegen den Mont-Cervin hin bis 5700 F., bei Aosta am groſsen Bernhard bis 4938 F., wogegen dasselbe an der Nordseite am Monte-Rosa nur eine

1 Froriep Notizen Th. XXXI. S. 327.
2 Vergl. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1030.
3 Mém. de l'Institut. T. VI. p. 81.
4 Biblioth. univ. T. XIV. p. 288.
5 Der Monte-Rosa u. s. w. Wien 1824.

Höhe von 4000 F., in Splügen von 3887 F., am Bernhard von 3903 F., bei Airolo von 3898 F. erreicht. Endlich wächst noch Wein an der Südseite des Monte-Rosa in Sessia bis 3093 F., an der Nordseite bis 2200 F. Höhe, am Bernhard bei Suazza bis 3026 F., bei Giornico bis 1698 F. und bei Splügen bis 1149 F.

Einen reichen Schatz von Thatsachen, wie bei allen seinen Forschungen, hat auch L. v. Buch[1] über diejenigen Höhen mitgetheilt, welche die Vegetabilien namentlich auf den Alpen und den norwegischen Gebirgen erreichen. Vorzügliche Beachtung verdient der Umstand, dafs Baumarten, die in den Alpen gröfsere Höhen erreichen, als andere, in Norwegen ein umgekehrtes Verhalten zeigen[2]. So läfst die Fichte (*pinus silvestris*) in Lappland die Tanne (*pinus abies*) weit hinter sich, bleibt aber in der Schweiz bei 3000 Fufs zurück, indefs die Tanne eine Höhe von 7000 F. erreicht. Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der Vegetationsgrenzen verschiedener Gewächse an beiden Orten.

Alpen von 45°,25 bis 46°,5		Norwegen unter 70° N. B.	
Weinbau . .	2432 F.	Fichte . . .	730 F.
Nufsbaum . .	3564 —	Birke . . .	1483 —
Kirschbaum .	4164 —	Heidelbeere .	1980 —
Buche . . .	4815 —	Salix myrsinites	2019 —
Tanne . . .	6420 —	Zwergbirke .	2576 —
Rhododendron	6840 —	Untere Schneegrenze .	3300 —
Untere Schneegrenze .	8540 —		

Zur Vergleichung hiermit dienen die Bestimmungen von Ch. Fr. Naumann[3], welcher in Norwegen unter 62° N. B. die Grenze der Fichten in 2754 F. und der Birke in 3285 F. Höhe setzt, die Schneegrenze am Schnoehättan aber in 5024 Par. F. Höhe. Die ausführlichsten Untersuchungen über die Höhen, bis zu denen die verschiedenen Vegetabilien sich auf

1 G. XLI. 1 ff. 46. Vergl. Reisen II. 133.

2 Ein ähnliches abnormes Verhalten hat auch A. Erman in Sibirien wahrgenommen. S. Dessen Reisen Th. II.

3 Beiträge zur Kenntnifs Norwegens. II Bde. Leipz. 1824.

Digitized by Google

der skandinavischen Halbinsel erheben, hat WAHLENBERG[1] angestellt, wonach die Temperatur eines Ortes am sichersten aus dem Verhalten der sämmtlichen, einer gewissen Tiefe unter der Schneegrenze zugehörigen Pflanzengattungen bestimmt werden kann. Nach ihm erhält die Fichte zuletzt ein verkrüppeltes Ansehn, reicht aber in dieser Gestalt nicht weiter, als bis 3200 Fuſs unter der Schneegrenze. Mit ihr zugleich hören *resa cinnamomia* Ehrh., *convallaria bifolia* und andere Kräuter auf. Die Kiefer im verkrüppelten Zustande mit niedrigem Stamme und dicken breiten Zweigen reicht bis 3000 Fuſs. Die Heidelbeere reift in dieser Höhe nicht mehr, auch reift dort keine Art der Cerealien, wohl aber können Kartoffeln und Rüben bis 2600 Fuſs unter der Schneegrenze noch mit geringem Ertrage gebaut werden. Birken erreichen eine Höhe von 2000 Fuſs unter der Schneegrenze, als letzte, so strenger Kälte widerstehende Holzart, jedoch nur in verkrüppeltem Zustande und etwa von Mannshöhe. Schon früher hören *sorbus aucuparia*, zuletzt unfruchtbar, *erica vulgaris*, *rubus arcticus sterilis*, *aconitum lycoctonum* u. a. auf, der Alpenlachs reicht bis in diese Region und damit hören die Fische auf. Höher hinauf findet man, jedoch bloſs an Wasserrinnen und Bächen, *salix glauca* und zerstreute Büsche von *salix hastata*, die Moltebeere reift dort und an sonnigen Plätzen wächst *veronica alpina*; *viola biflora* und andere Species dieser Gattungen gedeihn in dieser Höhe von 1400 Fuſs unter der Schneegrenze, wohin die Schneekoppe reicht. In gröſseren Höhen gedeiht kein Strauch, denn *salix lanata* wird am Wasser bloſs eine Elle hoch, *betula nana* kriecht an der Erde, aber die Rauschbeere (*empetrum nigrum*) gedeiht von vorzüglicher Güte in dieser Höhe von 800 Fuſs unter der Schneegrenze, bis wohin auch die Lappen mit ihren Zelten gehn. Noch höher, bis 100 F. unter der Schneegrenze, bleiben einige Flecke stets von Schnee bedeckt, doch wachsen an sonnigen Stellen *gentiana tenella* und *nivalis* nebst *campanula uniflora*, an schattigen *pedicularis hirsuta* und *flammea*. Bis an die Schneegrenze selbst reichen die an einigen

---

1 Flora lapponica. Berol. 1812. Bericht über Messungen u. Beobachtungen zur Bestimmung der Höhe und Temperatur d. lappländischen Alpen. Uebers. von HAUSMANN. Gött. 1812. 4.

sonnigen Stellen wachsenden *saxifraga*, *ranunculus glacialis*, *iuncus curvatus* und *silene acaulis* und die Region gleicht dem Klima von Spitzbergen an der Küste unter 80° N. B. und von Novaja Semlia. Einzelne Pflanzen von *ranunculus glacialis* übersteigen sogar die Schneegrenze um 500 Fuſs und wachsen daselbst in schneefreien Felsensprüngen. Ueber diese Höhe hinaus wird der Schnee selten feucht, an Felsenwänden wachsen einige *lichenes*, namentlich *umbilicati*, und die Schneeammer ist das einzige lebende Geschöpf in diesen Regionen, das sich bis 2000 Fuſs über die Scheegrenze erhebt, womit dann zugleich alles Leben und jede Vegetation aufhört.

Eine vollständige Aufzählung aller Pflanzenspecies, welche auf Schottlands Hochgebirgen den verschiedenen Höhen von 4000 bis 3000 engl. Fuſs, dann von 3000 bis 2000 F., endlich von 2000 bis 1000 F. und geringerer Höhe angehören, hat Watson[1] mitgetheilt, und ebenso besitzen wir eine Zusammenstellung derjenigen, die auf den Faröer Inseln unter 61° 26′ bis 62° 25′ N. B. bis zu Höhen von 3000 engl. F. wachsen, von Trevelyan[2], beide sind aber für eine kurze Uebersicht zu ausführlich und vorzugsweise nur für den Botaniker interessant.

70) Wenn man neben der Temperatur der Luft zugleich die des Bodens berücksichtigt, welche oben (Abth. B. d.) untersucht wurde, so kommt die durch G. Bischof[3] aufgeworfene und untersuchte Frage in Betrachtung, ob beide mit der Höhe auf gleiche Weise abnehmen. Die Thatsachen zu dieser Bestimmung hat Boussingault[4] geliefert, welcher in der tropischen Zone zwischen 11° N. B. und 5° S. B. die Bodentemperatur in verschiedenen Höhen maſs. Bischof hat 128 dieser Messungen zusammengestellt und findet hiernach, indem er die ganze Höhe von der Meeresfläche bis zu dem 16805 F. hohen Gletscher des Antisana in 4 Theile theilt, wonach also 32 Messungen auf jeden Theil kommen, die der Wärmeabnahme von 1° R. zugehörigen Höhen:

---

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXVIII. p. 317.
2 Ebend. N. XXXV. p. 154.
3 Poggendorff Ann. XXXV. 211.
4 Ann. Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.

Digitized by Google

Höhen über der Meeresfläche		Temperaturabnahme von 1° R.
0 Fuſs bis 2262 Fuſs	. . . . .	699 Fuſs
2318 — — 5260 —	. . . . .	671 —
5297 — — 8129 —	. . . . .	698 —
8160 — — 16805 —	. . . . .	670 —
0 — — 16805	Mittel	677 —

Diese mittlere Bestimmung übertrifft die durch Al. von Humboldt für die Temperaturabnahme der Luft unter den Tropen gefundene um 23 Fuſs, was wohl daraus erklärlich wird, daſs die Wärme bei isolirten steilen Bergen schneller abnimmt, als bei groſsen Bergmassen, und auſserdem mag die Temperaturabnahme der Luft immerhin etwas anders seyn als die des Bodens. Gegen ein ähnliches Resultat, welches Forchhammer [1] aus seinen Messungen der Quellentemperatur auf den Faröer Inseln entnommen hat, wonach sich bei den Quellen im Ganzen eine gleiche regelmäſsige Wärmeabnahme in zunehmenden Höhen findet, als bei der Luft, wendet Bischof mit Grunde ein, daſs die Angaben der Quellen unsicher sind und daſs nicht genau bestimmt ist, welches Fuſsmaſs anzunehmen sey, wenn auf 1° R. Temperaturabnahme 643 Fuſs Höhenunterschied gerechnet wird. Endlich ist noch zu bemerken, daſs Bischof nach seiner oben §. 54. angegebenen Voraussetzung, daſs die Bodentemperatur von der Lufttemperatur nicht verschieden sey, die Messungen der Wärme vermittelst bis 4 Fuſs Tiefe eingesenkter Flaschen zur Ermittelung der mit zunehmender Höhe abnehmenden Temperatur in Vorschlag gebracht habe. Durch Anwendung dieser Methode erhielt er aus einjährigen Messungen zu Bonn und auf der Löwenburg für 683 Fuſs 1° R. Wärmeabnahme. Setzt man hierfür 660 Par. Fuſs, so kommt diese Bestimmung der durch Boussingault unter den Tropen gefundenen sehr nahe.

c) Mittlere tägliche Temperatur.

Insofern die Erwärmung der Luft in geringer Höhe über der Erde bei weitem dem gröſsten Theile nach vom Ein-

1 Karsten Archiv für Mineralogie u. s. w. Th. II. S. 199.

flusse der Sonnenstrahlen abhängt, welche theils in der Luft selbst, theils im Boden Wärme erzeugen, mufs nothwendig die Temperatur bei der Anwesenheit der Sonne über dem Horizonte eine andere seyn, als nach dem Untergange derselben. Es ist daher allgemein bekannt, dafs die tägliche Wärme vom Sonnenaufgange an steigt, im Laufe des Tages ein Maximum erreicht, dann wieder sinkt, bis sie nach erreichtem Minimum während der Nacht den nämlichen Gang abermals beginnt. Es kann also hier nur der Zweck seyn, das Gesetz dieses täglichen Wechsels und die verschiedenen Modificationen desselben näher zu untersuchen[1].

71) Es giebt eine zahllose Menge von Beobachtungen, die zur Ausmittelung des täglichen Ganges des Thermometers angestellt wurden. Unter die beachtenswerthen gehören die bereits erwähnten von Pictet[2], wonach der kälteste Augenblick unmittelbar vor dem Aufgange der Sonne fiel, dann ein Steigen des Thermometers eintrat, bis gegen drei Uhr Nachmittags das Maximum erreicht wurde. Lambert[3] hat die Aufgabe theoretisch untersucht und 5 Tage nach einander für diesen Zweck Beobachtungen zu Chur angestellt. Das Maximum der täglichen Temperatur setzt er in den längsten Tagen auf 3 Uhr Nachmittags, bei abnehmender Tagslänge rückt dasselbe dem Mittage näher und fällt bei 8 Stunden langen Tagen auf 2 Uhr Nachmittags, bei 12 Stunden langen auf 2,5 Uhr. Zu den Messungen der Thermometer-Aenderungen wählte er indefs nur ganz heitere Tage, weil Wind und Wolken den zunächst zu untersuchenden Einflufs der Sonnenstrahlen stören. In der Zeit vom 13ten bis 17ten Juli fiel zu Chur das Maximum am 1sten auf 3,5 Uhr, am 2ten auf 3 Uhr, am 3ten auf 3 Uhr, am 4ten und 5ten gleichfalls auf 3 Uhr, lag jedoch nach Vergleichung der angrenzenden Thermometerstände allezeit jenseit dieser Stunde, so dafs

1 Kämtz Meteor. I. S. 62. hat versucht, den täglichen Gang der Temperatur als eine Function der Sonnenhöhe durch einen analytischen Ausdruck zu bezeichnen, allein dieser kann sich nicht zugleich auf die Nacht erstrecken und directe Beobachtungen bleiben stets das sicherste Mittel.

2 Versuch über das Feuer. §. 134. S. 165.

3 Pyrometrie. Berl. 1779. 4. S. 322.

Digitized by Google

man im Mittel füglich 3,25 Uhr annehmen könnte. Die frühesten wichtigsten Beobachtungen zur Ausmittelung des täglichen Ganges der Wärme sind die von CHIMINELLO[1] in den Jahren 1778, 1779 und 1780 angestellten, im Sommer von 4 Uhr Morgens bis 11 Uhr Abends und abwechselnd um 12, 1, 2 und 3 Uhr Nachts, im Winter von 7 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends und abwechselnd in den zwischenliegenden Stunden. SCHOUW[2] hat diese interpolirt und übersichtlich zusammengestellt, wonach das Minimum im Januar und Februar auf 7^h, im März auf 6^h, im April auf 5^h, im Mai, Juni und Juli auf 4^h, im August zwischen 4 und 5^h, im September und October auf 5^h, im November und December wieder auf 7^h Morgens fällt, das Maximum aber im Januar nach 2^h, im Februar, März und April auf 3^h, im Mai auf 2^h,5, im Juni und Juli auf 2^h, im August, September und October zwischen 2^h und 3^h, im November und December auf 2^h Nachmittags. Von geringerem Umfange, aber von sehr grofsem Werthe wegen ihrer seltenen Genauigkeit, sind die von NEUBER zu Apenrade vom Juni 1822 bis Juni 1823 und ebenso für 1824 bis 1825 mit wenigen Ausnahmen alle zwei Stunden von Morgens 7 bis Abends 11 Uhr und aufserdem Mittags 12 Uhr angestellten täglichen 10 Beobachtungen. Aus ihrer Zusammenstellung durch SCHOUW[3] geht hervor, dafs das Maximum auf 1 Uhr fällt, jedoch von dem Stande um 3 Uhr nur wenig abweicht, was, mit CHIMINELLO's Resultaten verglichen, wahrscheinlich auf einen Einflufs der nahen See deutet, welche nicht so, wie die Erde, durch längere Einwirkung der Sonnenstrahlen erst später den höchsten Grad der Temperatur erhält, vorzüglich aber die täglichen Schwankungen der Temperatur bedeutend vermindert. Von 7^h Morgens bis 9^h steigt das Thermometer schneller und fast auf gleiche Weise von da bis 11^h, dann merklich langsamer, bis zum Maximum, bei welchem, um 1^h gesetzt, ein Stillstand ein-

1 Saggi scientifici di Padova. Pad. 1786. 4. T. I. p. 195. 208. Toaldo Saggio meteorologico sulla vera influenza degli astri. Ediz. sec. Pad. 1781. p. 11.

2 Pflanzengeographie S. 67—72. Vergl. KÄMTZ Meteorol. Th. I. S. 64.

3 Collectanea meteorologica sub ausp. Soc. sc. danicae edita. Fasc. I. Hafn. 1829. 4. p. 196.

Digitized by Google

tritt, worauf das Thermometer etwas sinkt, bis 5 Uhr, dann wieder schneller bis 9 und langsamer bis 11 Uhr Abends.

72) Bei weitem vom gröfsten Umfange sind die Beobachtungen, deren Anstellung Brewster zuerst in den Jahren 1824 und 1825 veranstaltete[1], zunächst um diejenigen zwei Stunden aufzufinden, in welche die tägliche mittlere Temperatur fällt. Sie wurden von den Wache haltenden Offizieren auf Forth Leith stündlich an einem Thermometer gemacht, welches 25 Fuſs über der Oberfläche des Meeres und 200 Yards von der Küste entfernt aufgehängt war, auf welches daher die Nähe der See nothwendig einen Einfluſs ausüben muſste. Hiernach fiel im Mittel das Minimum im Jahre 1824 im Januar auf 5 Uhr, im Februar auf 8 Uhr, im März auf 8 Uhr, im April auf 5 Uhr, im Mai und Juni auf 4,5 Uhr, im August, September und October auf 4 Uhr, im November und December auf 5 Uhr Morgens. Im Jahre 1825 fiel dasselbe im Januar und Februar auf 6 Uhr, im März und April auf 5 Uhr, im Mai, Juni und Juli auf 4 Uhr, im August, September, October, November und December auf 5 Uhr Morgens. Nach den Ergebnissen im Jahre 1824 fällt das Minimum zwischen 4 bis 5 Uhr Morgens, die Wärme wächst dann regelmäſsig bis 3 Uhr Nachmittags, von wo an sie bis zum Minimum am nächsten Tage wieder abnimmt, so daſs das Steigen $9^h\ 40'$, das Sinken $14^h\ 20'$ dauert. Trennt man Sommer und Winter von einander, die 6 Monate des ersteren mit April anfangend, so fällt das Minimum im Sommer auf 4^h Morgens, das Maximum auf 3^h Nachmittags, im Winter dagegen fällt ersteres auf 6^h Morgens, letzteres auf 2^h Nachmittags.

73) Quetelet hat zu Brüssel auf Veranlassung der durch Herschel in Anregung gebrachten correspondirenden Beobachtungen an einzelnen Tagen den Stand des Thermometers stündlich aufgezeichnet, allein auf diese Weise erhält man nicht selten sehr bedeutende Anomalieen. So fiel am 22. Juni 1835 das Maximum der Temperatur zwischen 3 und 4 Uhr, das Minimum am 23. schon um 1 Uhr Morgens, das Maximum an diesem Tage aber um 10 Uhr Morgens, was eine Folge des einfallenden Regens war[2]. Am 21. Sept. dagegen

1 Edinb. Journ. of Science. N. IX. p. 18.

2 Bulletins de l'Acad. Roy. des Sc. et belles Lett. de Bruxelles 1825. T. II. p. 234. 327. T. III. p. 5. 104. 238.

Digitized by Google

fiel das Maximum auf 3^h Nachmittags, das folgende Minimum auf 6^h Morgens und dann wieder das Maximum am 22. zwischen 2 und 3 Uhr. Am 21. Dec. fiel das Maximum schon auf 1^h Nachmittags, dann folgte das Minimum um 12 Uhr Nachts und am 22. das Maximum wieder genau um 3^h Nachmittags. Am 21. März 1836 fiel das Maximum auf 3^h Nachmittags, dann das Minimum auf 5^h Morgens und abermals das Maximum zwischen 3 und 4 Uhr Nachmittags. Endlich am 21. Juni desselben Jahres fiel das Maximum auf 2 Uhr Nachmittags, das Minimum schon auf 8^h Abends und am 22. wieder das Maximum zwischen 4 und 5 Uhr Nachmittags. Man sieht hieraus, daſs zwar allerdings die durch Schouw[1] aus der Zusammenstellung der Beobachtungen von Padua, Leith und Apenrade abgeleiteten Regeln existiren, wonach der kälteste Punct um 5 Uhr Morgens, der wärmste zu Leith um 3^h, zu Padua um 2^h Nachmittags eintritt, das Thermometer am stärksten gleich nach dem Minimum steigt, nach dem Maximum fällt, das Steigen endlich 9 bis 10 Stunden, das Fallen aber 14 bis 15 Stunden dauert, daſs aber in jedem einzelnen Falle die wirkliche Temperatur sich sehr weit von diesem allgemeinen Mittel entfernt. So fiel zu Brüssel[2] nach Beobachtungen, die in den Jahren 1834, 1835 und 1836 an einem an der Nordseite im Schatten 15 Fuſs über dem Boden aufgehängten Thermometer gemacht wurden, das Maximum im Mittel auf $1^h\ 25'$. Bei drei andern Thermometern, welche im März, Juni, September, October, November und December mit Ausnahme der regnerischen Tage beobachtet wurden, fiel das Maximum bei dem ersten, dessen Kugel den von der Sonne beschienenen Erdboden berührte, auf $0^h\ 39'$, bei dem zweiten, dessen Kugel zur Hälfte eingescharrt war, auf $0^h\ 53'$ und bei einem dritten, dessen Kugel sich unmittelbar unter dem Boden befand, auf $0^h\ 53'$.

74) Diese sämmtlichen Beobachtungen sind unter mittleren und höheren Breiten angestellt worden, aus niederen dagegen fehlen dieselben, und es sind mir bloſs diejenigen bekannt, wel-

1 Beiträge zur vergleichenden Klimatologie. 1. Hft. Collectan. meteor. Fasc. I. Edinb. Philos. Journ. N. IX. p. 186.

2 Mémoire sur les Variations diurne et annuelle de la Température cet. Par Quetelet. Brux. 1837. p. 13.

Digitized by Google

che v. Horner und Langsdorff vom 16. Aug. bis 8. Mai und vom 19. Mai bis 25. Juni angestellt haben[1]. Hiernach fällt im Mittel das Maximum auf 1^h Nachmittags und das Minimum auf 5^h Morgens. Das Maximum der täglichen Wärme scheint also unter höheren Breiten hauptsächlich in den Sommermonaten später, als unter niederen einzutreffen, übereinstimmend mit v. Lindenau's[2] theoretischen Untersuchungen und Kirwan's[3] allgemeiner Regel, wonach das Maximum zwischen 60° und 45° N. B. um 2,5 Uhr, zwischen 45° und 35° um 2 Uhr, zwischen 35° und 25° um 1,5 Uhr und zwischen 25° bis 0° N. B. um 1 Uhr fällt. Auch John Davy[4] giebt 12 Uhr als die Zeit des Maximums an, allein dieses war auf der See, statt dafs v. Humboldt[5] unter 2° 10′ N. B. dieses auf 2 Uhr setzt. Der Einfluſs des Meeres und der Seewinde zeigt sich in dieser Beziehung noch stärker auf manchen Inseln und Meeresküsten, denn nach Thibaut de Chanvallon[6] ist die Zeit des Maximums der täglichen Wärme unter niederen Breiten 1 Uhr, nie später als 1,5 Uhr, zuweilen schon zwischen 11 bis 12 Uhr, und nach Le Gentil[7] auf Pondichery sogar zwischen 9 bis 11 Uhr, welches nach Falbe[8] auch zu Tunis bei Nord- und Nordostwinden statt findet.

Ueber das Verhalten der täglichen Wärme unter hohen Breiten ist Baer[9] durch Zusammenstellung der später zu erwähnenden Beobachtungen zu Jemteland, Enontekis, Boothia und auf Novaja Semlia zu einigen interessanten Resultaten gelangt. Nach seiner Ansicht fällt die gröſste tägliche Wärme unter hohen Breiten zwar gleichfalls auf verschiedene Stunden, tritt aber im Ganzen früher ein, als unter niederen Breiten. Auf Novaja Semlia unter 73° N. B. an der westlichen Küste ist vom März bis September die Wärme um 12 Uhr Mittags

1 V. Krusenstern Reise. Th. III. Anh.

2 v. Zach Monatl. Correspondenz Th. XV. S. 51.

3 Physisch-chem. Schriften von v. Crell. Berl. 1783. Th. III. S. 140. nach Kämtz Met. I. 85.

4 G. LXVI. 117.

5 Journ. de Phys. T. LXVI. p. 425.

6 Voyage à la Martinique. 1763.

7 Voyage T. I. p. 484. Nach Kämtz a. a. O.

8 Poggendorff XIV. 626.

9 Bulletin scientifique publié par l'Academie impériale des Sciences de St. Petersbourg. T. II. N.19.

Digitized by Google

beträchtlich gröfser, als um 2 Uhr, unter 71° an der Ostküste ist die Wärme vom April bis October um 2 Uhr höher als um 12 Uhr, die höchste fällt aber vor 2 Uhr und liegt im Februar und März dem Mittage sehr nahe. Ebenso berichtet v. Wrangel, dafs an der Nordküste Sibiriens die höchste Wärme nahe in die Zeit des Mittags fällt. Auch zu Boothia fällt das Maximum der täglichen Temperatur vor 2 Uhr, blofs im Juli auf diese Stunde oder etwas nach derselben. Sehr auffallend sind die Anomalieen, welche sich auf Novaja Semlia während der Wintermonate in dieser Beziehung zeigten, und zwar mit einer solchen Regelmäfsigkeit, dafs sie nicht auf Zufälligkeiten beruhen können. Dort fiel an der Westküste im November das Maximum auf 6 Uhr Nachmittags, im December nach 10 Uhr Abends, im Januar zwischen Mitternacht und 2 Uhr Morgens, und im Februar zwar nach Mittag, aber dennoch war eine Erwärmung nach Mitternacht wahrnehmbar. Die Uebersicht aller genannten Beobachtungen, insbesondere der zu Boothia angestellten, führt indefs dennoch zu dem Resultate, dafs im hohen Norden das Minimum der täglichen Temperatur bald nach Mitternacht fällt[1] und die beginnende Dämmerung einen abkühlenden Einflufs haben mufs. Auf Novaja Semlia unter 71° N. B. fällt das Minimum im November und Januar ungefähr auf 8 Uhr Morgens, unter 73° etwas später, etwa um 10 Uhr, und zu Boothia in den genannten Monaten gleichfalls auf 8 bis 9 Uhr Morgens. Uebrigens haben nicht blofs die Breitengrade, sondern auch andere Oertlichkeiten einen merklichen Einflufs auf den täglichen Gang der Temperatur. So erzählt Royle[2], dafs auf den Bergen Indiens das Thermometer von Sonnenaufgang bis 10^h Morgens steigt, dann aber wegen des scharfen Windes stationär bleibt und bei Nacht sinkt.

75) Beim täglichen Gange der Wärme verdient noch ein Umstand bemerkt zu werden, welcher zwar sehr bekannt, aber noch keineswegs genügend erklärt ist. Hauptsächlich beim Aufgange der Sonne, unmittelbar vor demselben oder während desselben,

---

1 Der anscheinende Widerspruch beider Sätze verschwindet, wenn man die höchst unbedeutende tägliche Oscillation der Wärme in den Wintermonaten berücksichtigt.

2 Biblioth. univ. 1834. p. 4. Aus Journ. of Asiat. Soc. Calcutta 1832. Mars.

Digitized by Google

weit seltener im Anfange ihrer Erhebung über den Horizont empfindet man eine auffallende Kälte, in weit geringerem Grade beim Untergange der Sonne oder unmittelbar nach demselben. Schwerlich wird man die Richtigkeit der Thatsache in Abrede stellen, da viele Tausende von Zeugen, welche dieses Phänomen beachtet haben, die Bestätigung derselben gern übernehmen würden und das eben erwähnte, durch Baer gefundene Resultat, wonach die Dämmerung abkühlend wirkt, sehr zur Bestätigung dient. Die Nerven der Menschen scheinen empfindlicher für diese kurzdauernde Entziehung der Wärme zu seyn, als die Thermometer, obwohl auch die letzteren die Sache bestätigen, wie dieses namentlich aus Pictet's[1] erwähnten Beobachtungen hervorgeht, welcher den kältesten Augenblick unmittelbar vor dem Aufgange der Sonne wahrnahm, statt daſs Miles[2] ihn eine halbe Stunde vorher setzt. Nach meinen eigenen vielfachen Erfahrungen ist die erste Zeitbestimmung in der Regel die richtigere, daſs nämlich die empfindliche Kälte unmittelbar vor Sonnenaufgang und nach ihrem Untergange eintritt, doch wird sie beim Aufgange zuweilen schon einige, bis dreiſsig Minuten früher empfunden. Pictet findet die Ursache des Phänomens darin, daſs die von der Erde am Tage aufgenommene oder beim Aufgange neu in ihr erregte Wärme an der Oberfläche den Proceſs der Verdampfung einleitet, wozu dann die über ihr ruhende Luftschicht einen Theil ihrer Wärme hergiebt. Auch v. Humboldt[3] leitet die Erscheinung von der Verdunstung ab, die er jedoch ungleich angemessener den zuerst auffallenden Sonnenstrahlen zuschreibt, wogegen jedoch Kämtz einwendet, daſs die unausgesetzt statt findende Verdunstung schwerlich im Augenblicke des Sonnenaufganges bedeutend vermehrt werden könne. Am wichtigsten scheint mir der Umstand zu seyn, daſs die kurze Temperaturverminderung nicht bloſs vor Sonnenaufgang, sondern auch nach Sonnenuntergang statt findet und jede Erklärung beiden Erscheinungen gleichmäſsig angepaſst seyn muſs. Dieses ist allerdings mehr der Fall bei der durch J. T. Mayer[4] gegebenen Erklärung, welcher

1 Vom Feuer. §. 134. S. 165. u. 170.
2 Philos. Trans. 1753. p. 526.
3 Voyage. T. XI. p. 17. T. VI. p. 80. aus Kämtz Meteorol. Th. I. S. 83.
4 Lehrbuch d. phys. Astronomie. S. 164.

Digitized by Google

die gröfsere Expansion der oberen Luftschichten durch die auf sie fallenden Sonnenstrahlen und ihre hierdurch vermehrte Wärmecapacität als die wirkende Ursache betrachtet, was mit Wahlenberg's[1] Ansicht übereinstimmt. Nach Kämtz liegt die Ursache in einer vermehrten Strahlung, bewirkt durch die in den oberen Luftschichten hervorgebrachte stärkere Auflösung der Dunstbläschen. Obgleich diese Erklärung zunächst nur auf die Morgenkälte pafst, so mufs sie doch als plausibel gelten, sobald man einmal eine Wärmestrahlung dieser Art annimmt[2].

Chiminello hat seine Beobachtungen hauptsächlich in der Absicht angestellt, um aus dem regelmäfsigen Gange der Temperatur diejenigen Stunden aufzufinden, die sich von den Extremen auf gleiche Weise entfernen, also die mittlere Wärme eines ganzen Tages angeben, und ebendieser Zweck lag auch bei den durch Brewster veranlafsten Beobachtungen zum Grunde. Indem nämlich die Temperatur in den verschiedenen Stunden des Tags bedeutend wechselt, so kann jede einzelne Beobachtung nur die gerade zu der Zeit statt findende angeben, die jedoch für eine andere nicht pafst. Bei näherem Nachdenken ergiebt sich bald, dafs eigentlich jeder Wechsel und die Dauer einer gemessenen Temperatur aufgezeichnet, also die Summe der an einem Tage statt findenden Wärme gemessen und auf die gegebene Zeit vertheilt werden müfste[3]. Hierzu würde jedoch eine unausgesetzte Dauer des Beobachtens erforderlich seyn, ein Aufwand, welcher die Unmöglichkeit der Ausführung deutlich hervortreten läfst. Ungleich leichter wäre es daher, wenn man den Gang der täglichen Temperatur als eine Function der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen betrachten und die Curve der täglichen Wärme auf diese Weise theoretisch bestimmen könnte. Kämtz erwähnt die wichtigsten hierüber vorhandenen Arbei-

---

1 De vegetatione et climate in Helvetia septent. p. LXXXVI.

2 Vergl. Art. *Wärme*.

3 Die Beobachtungen, welche Ross auf Boothia durch seine unbeschäftigten Begleiter anstellen liefs, sind im Appendix seiner Reisebeschreibung so aufgezeichnet, dafs die Thermometergrade den Zähler und die Dauer in Stunden den Nenner eines Bruches bilden.

Digitized by Google

ten von Halley[1], Kästner[2], L. Euler[3], Tralles[4] und E. Schmidt[5], die auf sehr verwickelte Rechnungen führen, ohne ein den Forderungen völlig genügendes Resultat zu liefern. Beobachtungen bleiben daher das einzige Mittel, um den Gang der täglichen Temperatur aufzufinden. Verlangt man hierbei aber völlige Genauigkeit, so müfste jede Aenderung des Thermometers mit Rücksicht auf die Zeitdauer zwischen den Aenderungen aufgezeichnet werden. Würden dann die so gefundenen Zeiten auf eine Abscissenlinie, deren ganze Länge als Einheit die Tageslänge ausdrückte, aufgetragen und auf die so gegebenen Puncte die Temperaturen als Ordinaten gefällt, so gäbe eine Curve durch die Endpuncte der letzteren die Curve der täglichen Temperatur. Wirkliche Beobachtungen zeigen jedoch bald, dafs selbst während der Dauer weniger Stunden häufig Unregelmäfsigkeiten vorkommen und daher nur durch Vereinigung mehrtägiger Messungen eine den wirklichen mittleren täglichen Gang der Temperatur annähernd darstellende Curve erhalten werde[6].

76) Allein auch diese Methode ist allzu mühsam, als dafs sie ausführbar seyn sollte, und man nimmt daher mit genügendem Grunde an, dafs stündliche Beobachtungen, viele Tage hindurch fortgesetzt, den wahren Gang der Temperatur ausdrücken, wonach dann das Mittel aus allen diesen für die wahre mittlere Temperatur gelten kann. Selbst aber fortgesetzte stündliche Beobachtungen sind wegen der beschwerlichen Nachtwachen eine grofse Seltenheit und wir haben als längere Zeit fortgesetzte nur die angegebenen zweijährigen zu Leith und die gleichfalls genannten zu Boothia angestellten, denn selbst die von Padua sind für die Nachtstunden gröfstentheils interpolirt. Unter der Voraussetzung eines im Ganzen regelmäfsigen Ganges der Temperatur ist eine solche Interpolation allerdings statthaft. Hierfür könnte man die so eben genannte Methode der rechtwinkligen Coordinaten wählen, weil jedoch die Gröfsen nach 24 Stunden periodisch wie-

1 Philosoph. Trans. for 1693. p. 878.
2 Hamburgisches Magazin Th. II. S. 426.
3 Comment. Petrop. T. XI. p. 82.
4 Abhandl. d. Berliner Akad. d. Wiss. 1818 u. 19. S. 57.
5 Mathemat. u. phys. Geographie. Th. II. S. 354. §. 235.
6 Vergl. Kämtz Meteorologie Th. I. S. 60.

Digitized by Google

derkehren, so bedient man sich lieber der Polarcoordinaten, indem man die Zeiten durch Winkel des Kreises und die einem dieser Winkel zugehörige Temperatur als den ihm correspondirenden Radius Vector betrachtet, wobei jedoch erforderlich ist, dafs die Zeiteintheilung in den 360 Graden des Kreises aufgehe. E. SCHMIDT[1] hat diese Methode ausführlich erläutert. Heifst hiernach φ der Winkel, r der Radius Vector, so ist allgemein

$$r = a + b \,\mathrm{Cos.}\, \varphi + c \,\mathrm{Sin.}\, \varphi + d \,\mathrm{Cos.}\, 2\varphi + \ldots,$$

worin sich so viele unbestimmte Coefficienten befinden, als Beobachtungen gegeben sind. Hätte man z. B. 4 Beobachtungen, so würden diese den Winkeln 0°, 90°, 180°, 270° zugehören und es wäre

$$r = a + b \,\mathrm{Cos.}\, \varphi + c \,\mathrm{Sin.}\, \varphi + d \,\mathrm{Cos.}\, 2\varphi.$$

Die aus den Beobachtungen erhaltenen, den Winkeln zugehörigen Werthe für r seyen dann A, B, C, D, so hat man

$$A = a + b + d,\quad B = a + c - d,$$
$$C = a - b + d,\quad D = a - c - d,$$

woraus man erhält

$$a = \frac{A + B + C + D}{4},$$
$$b = \frac{A - C}{2},$$
$$c = \frac{B - D}{2},$$
$$d = \frac{A - B + C - D}{4}.$$

Für eine gröfsere Zahl von Coefficienten, z. B. die den zwölf Monaten bei periodischer jährlicher Wiederkehr oder den 24 Stunden des Tags zugehörigen Beobachtungen, wird dieses Verfahren ausnehmend verwickelt, und man bedient sich daher jetzt allgemein derjenigen Formel, die durch BESSEL, BOUVARD[2], HÄLLSTRÖM, DOVE und insbesondere durch KÄMTZ für die vorliegende und ähnliche Aufgaben in Anwendung gebracht worden ist[3].

---

1 Mathematische und physische Geographie Th. II. S. 279.

2 Mém. de l'Acad. des Sciences de l'Instit. T. VII. p. 300.

3 Sie ist im Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1875 für stündliche Barometerbeobachtungen bereits erläutert worden, und da für stündliche

Digitized by Google

77) Als Grundlage aller unserer Bestimmungen über den täglichen Gang der Wärme dienen bis jetzt noch die durch Chiminello zu Padua angestellten und die durch Brewster zu Leith veranstalteten Beobachtungen. Die ersteren hat Schouw[1] durch Interpolation für die einzelnen Monate, die Jahrszeiten und für das ganze Jahr berechnet mitgetheilt, Kämtz[2] aber nach der angegebenen Formel für die einzelnen Monate abermals berechnet und in einer Tabelle zusammengestellt, die ich hier wiedergebe. Zur Bestimmung des täglichen Ganges der Temperatur ist aber neuerdings noch ein höchst schätzbarer Beitrag durch die Beobachtungen hinzugekommen, welche Capitain Ross zu Boothia vom October 1829 bis zum März 1832 unter 70° 0′ bis 70° 2′ N. B. und 91° 34′ bis 91° 53′ w. L. v. G. stündlich anstellen liefs, und durch diejenigen, welche durch die russische Expedition auf Novaja Semlia in der karischen Pforte unter 70° 37′ an der südöstlichen Seite der Insel und zu Matotschkin-Schar unter 73° N. B. auf der Westküste von zwei zu zwei Stunden täglich angestellt worden sind. Beide sind durch Baer[3] in Tabellen gebracht worden und gewähren auf diese Weise leicht die gewünschte Uebersicht.

Thermometerbeobachtungen diese Formel unverändert in Anwendung kommt, so genügt es, dorthin zu verweisen. Vergl. Schweigger's Journ. Th. XLVII. Hft. 4. Th. XLVIII. Hft. 1.

1 Pflanzengeographie. S. 57.

2 Meteorologie Th. I. S. 70.

3 Bulletin scientifique de l'Acad. des Sc. de St. Petersbourg. T. II. N. 20.

Digitized by Google

Wir geben diese fünf Tabellen, nämlich also die für Padua und Leith nach Kämtz, für Boothia nach Ross, für die karische Pforte und Matotschkin-Schar nach Baer, auf den folgenden Seiten in einer solchen Anordnung des Druckes, daſs jede ungetheilt auf einen Blick übersehen werden kann.

Digitized by Google

Mittlerer täglicher Gang der Wärme in den

Stunde	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Mittag	5°,01	6°,42	9°,44	14°,72	23°,27	24°,92
1	5,46	6,85	9,81	15,08	23,54	25,13
2	5,61	6,96	9,96	15,42	23,68	25,25
3	5,49	6,80	9,93	15,61	23,63	25,20
4	5,19	6,51	9,77	15,64	23,27	24,83
5	4,81	6,19	9,50	15,45	22,58	24,11
6	4,44	5,91	9,13	15,02	21,60	23,11
7	4,12	5,65	8,69	14,43	20,53	22,00
8	3,86	5,39	8,22	13,71	19,55	21,04
9	3,64	5,09	7,78	13,07	18,78	20,32
10	3,46	4,79	7,41	12,38	18,24	19,89
11	3,31	4,50	7,13	12,24	17,84	19,62
Mittern.	3,18	4,27	6,89	11,97	17,44	19,39
1	3,08	4,10	6,63	11,63	16,95	19,09
2	2,97	3,94	6,30	11,28	16,45	18,78
3	2,83	3,75	5,91	10,83	16,09	18,60
4	2,63	3,48	5,53	10,44	16,09	18,74
5	2,40	3,18	5,28	10,25	16,59	19,32
6	2,22	2,96	5,28	10,41	17,57	20,29
7	2,19	2,95	5,61	10,96	18,85	21,48
8	2,40	3,27	6,26	11,71	20,19	22,63
9	2,88	3,91	7,11	12,61	21,37	23,58
10	3,57	4,78	8,02	13,46	22,26	24,24
11	4,34	5,68	8,83	14,17	22,87	24,65

Auch die durch Brewster veranlafsten Beobachtungen hat Kämtz nicht blofs durch eine mühsame Reduction auf Centesimalgrade leichter vergleichbar gemacht, sondern auch die in ihnen vorhandenen Unregelmäfsigkeiten durch Anwendung

Digitized by Google

einzelnen Monaten zu Padua nach Kämtz.

Stunde	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Mittag	30°,04	26°,70	21°,27	16°,86	10°,48	5°,85
1	30,31	27,10	21,66	17,31	10,88	5,26
2	30,46	27,30	21,77	17,49	10,79	5,26
3	30,35	27,24	21,58	17,38	10,28	5,91
4	29,83	26,81	21,11	17,01	9,52	5,35
5	28,86	25,93	20,44	16,44	8,72	4,77
6	27,54	24,70	19,67	15,80	8,03	4,30
7	26,14	23,34	18,94	15,19	7,53	3,97
8	24,95	22,14	18,34	14,81	7,20	3,74
9	24,13	21,30	17,92	14,38	6,99	3,54
10	23,67	20,85	17,63	14,21	6,83	3,33
11	23,39	20,63	17,36	14,11	6,70	3,11
Mittern.	23,07	20,41	17,01	14,00	6,57	2,91
1	22,59	20,00	16,53	13,83	6,45	2,77
2	22,03	19,36	15,95	13,58	6,33	2,69
3	21,62	18,70	15,41	13,30	6,18	2,62
4	21,65	18,33	15,09	13,06	6,02	2,53
5	22,31	18,51	15,12	12,95	5,88	2,41
6	23,57	19,36	15,57	13,05	5,87	2,32
7	25,17	20,74	16,39	13,38	6,09	2,37
8	26,79	22,37	17,45	13,92	6,63	2,66
9	28,13	23,93	18,60	14,64	7,50	3,31
10	29,07	25,12	19,69	15,43	8,58	4,16
11	29,66	26,10	20,59	16,20	9,65	5,09

der genannten Formel mehr entfernt. Die hiernach verbesserten Bestimmungen sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten.

Mittlerer täglicher Gang der Wärme in den

Stunde	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Mittag	5°,48	5°,70	6°,08	9°,95	11°,36	14°,83
1	5,72	5,99	6,52	10,22	11,66	15,10
2	5,84	6,08	6,76	10,40	11,95	15,33
3	5,83	5,96	6,81	10,54	12,18	15,51
4	5,69	5,70	6,66	10,56	12,29	15,58
5	5,49	5,38	6,37	10,38	12,17	15,45
6	5,27	5,05	5,97	9,94	11,80	15,07
7	5,08	4,78	5,52	9,25	11,22	14,47
8	4,98	4,56	5,09	8,43	10,54	13,73
9	4,90	4,40	4,71	7,64	9,90	13,00
10	4,86	4,28	4,40	7,03	9,37	12,39
11	4,81	4,22	4,17	6,61	8,96	11,97
Mittern.	4,75	4,21	4,00	6,32	8,63	11,67
1	4,69	4,23	3,85	6,03	8,30	11,47
2	4,62	4,27	3,70	5,67	7,96	11,30
3	4,57	4,28	3,55	5,25	7,65	11,14
4	4,52	4,22	3,41	4,90	7,47	11,07
5	4,49	4,12	3,31	5,81	7,53	11,15
6	4,47	4,00	3,32	5,10	7,88	11,46
7	4,48	3,95	3,48	5,81	8,48	11,99
8	4,45	4,05	3,81	6,81	9,21	12,68
9	4,68	4,32	4,30	7,88	9,94	13,38
10	4,90	4,75	4,90	8,82	10,55	14,00
11	5,19	5,25	5,52	9,51	11,01	14,46

einzelnen Monaten zu Leith nach Kämtz.

Stunde	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Mittag	17°,46	16°,17	15°,33	11°,00	6°,17	4°,98
1	17,70	16,41	15,67	11,18	6,45	5,13
2	17,93	16,60	15,85	11,14	6,51	5,12
3	18,16	16,75	15,85	10,90	6,35	4,97
4	18,30	16,80	15,68	10,56	6,06	4,73
5	18,26	16,67	15,32	10,18	5,73	4,48
6	17,93	16,28	14,80	9,81	5,44	4,29
7	17,31	15,67	14,22	9,46	5,20	4,16
8	16,48	14,94	13,64	9,20	5,01	4,10
9	15,60	14,23	13,16	8,99	4,84	4,06
10	14,81	13,68	12,81	8,88	4,66	4,03
11	14,21	13,31	12,57	8,85	4,48	3,99
Mittern.	13,79	13,11	12,38	8,88	4,33	3,95
1	13,50	12,97	12,19	8,93	4,25	3,92
2	13,28	12,82	11,94	8,93	4,24	3,92
3	13,12	12,65	11,68	8,85	4,27	3,92
4	13,06	12,53	11,48	8,70	4,32	3,90
5	13,21	12,56	11,44	8,53	4,34	3,86
6	13,61	12,83	11,64	8,45	4,35	3,82
7	14,28	13,34	12,08	8,56	4,39	3,82
8	15,10	14,03	12,72	8,88	4,53	3,91
9	15,92	14,74	13,46	9,40	4,82	4,11
10	16,62	15,38	14,19	10,01	5,25	4,39
11	17,12	15,85	14,83	10,59	5,74	4,71

Mittlerer täglicher Gang der Wärme in den

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
Mittag	—32°,62	—34°,58	—30°,29	—15°,37	—6°,27	4°,09
1	— 32,26	— 34,19	— 29,80	— 15,18	— 5,91	4,73
2	— 32,41	— 34,25	— 29,91	— 15,26	— 6,07	4,53
3	— 32,51	— 34,72	— 30,31	— 15,55	— 6,14	4,02
4	— 32,50	— 35,19	— 31,18	— 16,23	— 6,69	3,62
5	— 32,42	— 35,57	— 32,40	— 17,29	— 7,45	2,92
6	— 32,43	— 35,71	— 33,45	— 18,12	— 8,16	2,27
7	— 32,48	— 35,99	— 34,23	— 19,10	— 8,78	1,51
8	— 32,56	— 36,05	— 34,66	— 19,94	— 9,48	0,79
9	— 32,65	— 36,26	— 35,04	— 20,75	—10,18	0,83
10	— 32,59	— 36,36	— 35,35	— 21,24	—11,01	— 0,61
11	— 32,57	— 36,35	— 35,63	— 21,54	—11,38	— 0,91
Mittern.	— 32,60	— 36,38	— 35,68	— 21,78	—11,75	— 1,30
1	— 32,73	— 35,89	— 36,24	— 21,78	—12,89	— 1,67
2	— 32,77	— 35,98	— 36,28	— 21,84	—12,75	— 1,62
3	— 32,71	— 36,00	— 36,37	— 21,95	—12,48	— 1,44
4	— 32,73	— 35,98	— 36,48	— 21,82	—11,91	— 1,08
5	— 32,78	— 35,98	— 37,12	— 21,60	—11,25	— 0,52
6	— 32,69	— 35,95	— 37,04	— 21,09	—10,52	— 0,38
7	— 32,68	— 35,90	— 36,25	— 20,07	— 9,70	1,80
8	— 32,74	— 35,88	— 35,49	— 18,77	— 9,00	2,30
9	— 32,64	— 35,59	— 33,91	— 17,70	— 8,00	2,12
10	— 32,68	— 35,41	— 32,55	— 16,76	— 7,22	2,95
11	— 32,57	— 35,07	— 31,37	— 16,04	— 6,52	3,54

Digitized by Google

einzelnen Monaten zu Boothia nach Ross.

Juli	Aug.	Sept.	October	Nov.	Dec.
7°,02	5°,02	—2°,64	—11°,69	—20°,86	—30°,18
7,22	5,24	— 2,43	— 11,67	— 20,91	— 30,16
7,41	5,32	— 2,47	— 11,84	— 21,06	— 30,14
7,35	5,29	— 2,58	— 12,05	— 21,26	— 30,23
7,24	5,21	— 2,74	— 12,25	— 21,48	— 30,34
6,55	4,82	— 3,15	— 12,53	— 21,63	— 30,31
6,15	4,43	— 3,49	— 12,74	— 21,69	— 30,35
5,58	4,39	— 3,82	— 12,87	— 21,73	— 30,42
5,07	3,97	— 4,01	— 12,83	— 21,84	— 30,51
4,56	3,31	— 4,24	— 12,78	— 21,65	— 30,44
3,86	2,68	— 4,27	— 12,82	— 21,75	— 30,48
3,71	2,22	— 4,35	— 12,92	— 21,77	— 30,48
3,21	2,07	— 4,51	— 12,88	— 21,76	— 30,46
2,80	2,01	— 4,45	— 12,96	— 20,93	— 30,04
2,99	2,11	— 4,47	— 12,88	— 21,03	— 30,48
3,05	2,19	— 4,52	— 12,92	— 21,03	— 30,55
3,42	2,41	— 4,54	— 12,93	— 21,00	— 30,40
3,95	2,44	— 4,47	— 12,98	— 21,04	— 30,34
4,42	2,61	— 4,38	— 12,84	— 21,12	— 30,25
4,87	3,01	— 4,04	— 12,76	— 21,20	— 30,16
5,13	3,34	— 3,58	— 12,60	— 21,24	— 30,21
5,59	3,87	— 3,39	— 12,15	— 21,35	— 30,26
6,05	4,25	— 3,14	— 12,06	— 21,20	— 30,22
6,50	4,69	— 2,77	— 11,80	— 21,00	— 30,19

Mittlerer täglicher Gang der Wärme in den

Stunden	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Mittag	—19°,12	—16°,77	—20°,57	—13°,10	—5°,33	2°,36
2	— 18,94	— 16,79	— 20,61	— 12,48	— 5,31	2,67
4	— 18,29	— 17,65	— 21,74	— 12,88	— 6,01	1,96
6	— 18,81	— 17,70	— 23,08	— 14,60	— 7,12	1,19
8	— 19,25	— 18,06	— 24,23	— 16,52	— 8,06	0,23
10	— 19,50	— 18,67	— 24,87	— 17,95	— 9,98	0,96
Mittern.	— 19,78	— 18,01	— 25,54	— 18,92	—10,74	—1,98
2	— 19,78	— 18,09	— 25,95	— 19,36	—10,77	—1,58
4	— 19,75	— 18,31	— 26,14	— 18,99	—10,34	—0,72
6	— 19,80	— 17,95	— 25,41	— 17,69	— 9,38	0,00
8	— 19,91	— 17,38	— 24,54	— 15,71	— 7,61	1,10
10	— 19,62	— 17,27	— 21,83	— 13,93	— 5,99	2,01

Mittlerer täglicher Gang der Wärme in den

Stunden	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Mittag	—15°,10	—22°,02	—14°,08	—10°,54	—3°,42	3°,50
2	— 15,63	— 21,85	— 14,23	— 11,33	— 4,03	3,15
4	— 15,62	— 21,96	— 14,42	— 12,28	— 5,08	2,12
6	— 15,38	— 22,16	— 14,90	— 13,02	— 6,75	1,59
8	— 15,56	— 22,20	— 15,11	— 14,03	— 8,08	1,22
10	— 15,62	— 22,25	— 15,47	— 15,21	— 9,29	0,55
Mittern.	— 15,15	— 22,44	— 15,42	— 15,31	—10,19	—0,20
2	— 15,00	— 22,16	— 16,22	— 15,00	— 9,48	—0,02
4	— 15,18	— 21,95	— 16,67	— 14,67	— 8,64	0,15
6	— 15,36	— 22,06	— 16,28	— 13,84	— 7,16	0,74
8	— 15,29	— 21,99	— 15,67	— 12,15	— 5,44	1,71
10	— 15,89	— 21,94	— 15,16	— 11,12	— 4,17	2,85

Digitized by Google

einzelnen Monaten in der karischen Pforte nach BAER.

Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
3°,60	3°,82	—0°,21	—6°,13	—15°,90	—10°,07
3,65	3,91		— 6,09	— 15,84	— 10,51
3,57	3,90	— 0,48	— 6,32	— 15,51	— 10,80
3,06	3,71		— 6,63	— 15,41	— 10,90
2,26	2,58	— 1,25	— 6,62	— 15,48	— 11,26
1,27	2,43		— 6,58	— 15,40	— 11,78
0,59	2,17	— 1,43	— 6,49	— 15,96	— 11,63
0,90	2,35		— 6,59	— 16,11	— 11,34
1,37	2,44	— 1,82	— 6,54	— 16,25	— 11,15
2,12	2,78		— 6,76	— 16,31	— 10,61
2,74	3,12	— 1,43	— 7,15	— 16,87	— 10,30
3,57	3,47		— 6,24	— 16,69	— 10,27

einzelnen Monaten zu Matotschkin-Schar nach BAER.

Juli	Aug.	Sept.	Octob.	Nov.	Dec.
5°,89	6°,39	1°,04	—5°,04	—13°,07	—19°,95
5,57	5,65		— 5,40	— 12,91	— 19,70
5,23	5,44	— 0,13	— 5,27	— 12,82	— 19,35
5,03	4,92		— 6,01	— 12,62	— 19,26
4,48	4,76	— 0,34	— 5,59	— 12,79	— 19,18
3,91	4,39		— 5,80	— 12,85	— 18,96
3,12	4,22	— 1,56	— 5,09	— 12,71	— 19,56
2,87	4,03		— 4,32	— 12,76	— 19,69
3,35	3,94	— 1,36	— 6,09	— 12,97	— 20,00
3,68	4,63		— 5,32	— 13,13	— 20,19
4,76	5,45	— 0,69	— 5,49	— 13,20	— 20,32
5,20	5,70		— 5,46	— 13,22	— 20,05

Digitized by Google

78) Aufser der Kenntnifs des bisher untersuchten Ganges der täglichen Temperatur im Allgemeinen und der Zeiten, in welche die täglichen Maxima und Minima fallen, wird zur Auffindung der mittleren täglichen Temperatur hauptsächlich erfordert, die Gröfse der Oscillation der Wärme zu kennen, allein einer genauen Bestimmung derselben stellen sich bedeutende Hindernisse entgegen, indem die Unterschiede der höchsten und tiefsten täglichen Thermometerstände in den verschiedenen Jahreszeiten und unter ungleichen Breiten sehr von einander abweichen, einzelne auffallende Anomalieen nicht gerechnet. Aus den monatlichen Mitteln der stündlichen Beobachtungen zu Pavia und Leith stellt Kämtz[1] folgende Tabelle der mittleren täglichen Oscillationen oder des Unterschiedes zwischen den täglichen Maximis und Minimis zusammen.

Monat	Padua	Leith	Monat	Padua	Leith
Januar	3°,45	1°,47	Juli	9°,39	5°,10
Februar	4,00	1,96	August	8,96	4,08
März	4,75	3,38	September	6,88	4,47
April	5,23	5,67	October	4,49	2,71
Mai	7,60	4,55	November	5,17	2,24
Juni	6,67	4,34	December	4,11	1,28

An beiden Orten ist der Unterschied im Sommer gröfser, als im Winter, und der absolute Werth desselben ist zu Padua gröfser als zu Leith, denn er beträgt im Mittel für das ganze Jahr dort 5°,89, hier 3°,44, was jedoch mehr der Nähe des Meeres, als der höheren Breite beizumessen ist.

Die so eben erst bekannt gewordenen Beobachtungen, welche Quetelet[2] zu Brüssel veranstaltete, geben nicht blofs eine ungleich stärkere tägliche Oscillation, sondern zeigen auch einen bedeutenden Unterschied derselben in den einzelnen Jahren, wie aus folgender Uebersicht hervorgeht.

1 Meteorologie. Th. I. S. 87.

2 Mémoire sur les Variations diurne et annuelle de la Température. Brux. 1837. p. 13.

Monate	1833	1834	1835	1836	Mittel
Januar	5°,33	4°,7	5°,0	5°,6	5°,1
Februar	5,55	6,0	4,9	5,5	5,5
März	6,46	7,2	7,3	6,5	6,9
April	9,07	8,6	8,1	7,3	8,3
Mai	11,03	10,4	8,8	9,5	10,2
Juni	11,62	10,2	10,4	9,4	10,4
Juli	10,27	10,1	12,6	10,3	10,8
August	10,23	8,6	10,4	9,5	9,7
September	8,26	10,0	7,9	7,2	8,3
October	8,25	7,9	6,6	6,5	7,3
November	6,17	5,7	5,4	5,4	5,7
December	5,22	4,8	5,4	4,2	4,9
Mittel	8,21	7,9	7,8	7,2	7,8

Aus der Curve der täglichen Oscillationen ergiebt sich, daſs diese nicht bloſs in den Sommermonaten gröſser sind, sondern es fallen auch nach genauerer Bestimmung das Minimum auf den 24sten December, das Maximum auf den 7ten Juli und die beiden Media auf den 2ten April und den 1sten Oct., das Minimum tritt also gleich nach dem Wintersolstitium, das Maximum etwas später nach dem Sommersolstitium ein, die beiden Medien liegen gleich weit von den Nachtgleichpuncten, woraus hervorgeht, daſs die Gröſse der täglichen Variationen durch die Höhe der Sonne bedingt wird. Einige Eigenthümlichkeiten, welche unter hohen Breiten zum Vorschein kommen, sollen später erwähnt werden.

79) Stündliche Beobachtungen geben nicht die absoluten Maxima und Minima der täglichen Temperaturen und die aus ihnen entnommenen Gröſsen der täglichen Variationen können daher nicht für absolut genau gelten. Solche Resultate sind nur durch Thermometrographen zu erhalten, wovon man jedoch bisher noch nicht genügende Anwendung gemacht hat. Um so schätzbarer sind die Beobachtungen der täglichen Extreme zu Maestricht in den Jahren 1826 bis 1830, die Crahay[1] mit einem Rutherford'schen Minimum-Thermometer und durch Beachtung der gröſsten Wärme am Tage angestellt hat. Eine tabellarische Zusammenstellung der Resultate giebt folgende Werthe.

---

1 Mémoire sur la Météorologie. p. 25.

Monate	Mittlere tägliche Maxima	Mittlere tägliche Minima	Unterschiede	Halbe Summe
Januar . . .	0°,81	—3°,55	4°,36	—1°,37
Februar . .	4,82	— 0,73	5,55	2,05
März	9,06	2,76	6,30	5,91
April . . .	14,01	5,93	8,08	9,97
Mai	18,66	9,66	9,00	14,16
Juni	21,48	12,50	8,98	16,99
Juli	23,11	14,75	8,36	18,93
August . .	21,65	13,56	8,09	17,61
September	18,46	11,14	7,32	14,80
October . .	14,66	8,13	6,53	11,40
November	7,68	3,17	4,51	5,43
December	5,28	1,56	3,72	3,42
Jahr	13,31	6,57	6,73	9,95

Auch hier ist die tägliche Schwankung in den Sommermonaten am stärksten und wächst im Ganzen vom Wintersolstitium an gerechnet stärker, als sie vom Sommersolstitium an abnimmt, weswegen sie, gegen die gewöhnliche Regel, im Mai schon das Maximum erreicht.

80) Ungleich häufiger sind Beobachtungen, welche Morgens bei Sonnenaufgang und Nachmittags um 2 oder 3 Uhr angestellt wurden und die in den meisten Fällen als solche gelten können, die das Minimum und das Maximum der täglichen Temperatur angeben. Dahin gehören unter andern die durch Meermann zu Frankfurt a. M. von 1758 bis 1777 täglich Morgens und Nachmittags beobachteten Minima und Maxima, welche Thilo[1] aus dessen Registern tabellarisch zusammengestellt hat. Hieraus ergiebt sich, dafs die täglichen Unterschiede im Sommer gröfser sind als im Winter, im Frühjahre gröfser als im Herbst, in gleichen Abständen nahe vor und nach dem Solstitium aber einander fast genau gleich kommen; im Mittel für das ganze Jahr beträgt die tägliche Oscillation 7°,29 C., liegt also mit einem unbedeutenden Unterschiede zwischen den zu Brüssel und Maestricht gefundenen Bestimmungen ungefähr in der Mitte. Auch nach Cotte[2] sind die täglichen Oscillationen im Sommer stärker als im Winter und das Minimum der täglichen Temperatur fällt vor Sonnenauf-

1 Schweigger's Journ. Th. LVII. S. 257.
2 Journ. de Phys. T. XLIV. p. 283.

gang. Die Beobachtungen, welche Egen[1] zwölf Jahre anhaltend in Elberfeld unter 51° 15′ 24″ N. B. und 4° 49′ östl. Länge von Greenwich angestellt hat, geben wegen ihrer Genauigkeit ein vorzügliches Mittel an die Hand, die täglichen Oscillationen unter dieser Breite kennen zu lernen, und bestätigen den Satz, daſs sie im Sommer gröſser sind als im Winter. Sie betrugen im Januar 10°,5, im Februar 11°,12, im März 10°,25, im April 11°,87, im Mai 11°,87, im Juni 11°,62, im Juli 11°,62, im August 12°,75, im September 13°,12, im October 13°,5, im November 8°,37, im December 7°,5, also im ganzen Jahre im Mittel 11°,17. Anderweitige tägliche Oscillationen an denjenigen Orten, wo dieselben genauer beobachtet wurden, sind durch Schouw[2] und Kämtz[3] zusammengestellt worden.

Monate	Apenrade[4]	London[5]	Paris[6]	Zürich[7]	Chur[8]	Avignon[9]	Palermo[10]
Januar . .	3°,7	4°,9	4°,0	4°,0	4°,9	4°,6	5°,2
Februar .	3,8	6,1	5,4	4,7	5,9	4,5	6,1
März . . .	5,4	7,1	6,9	6,5	8,2	5,5	7,1
April . . .	9,1	8,8	9,4	8,2	8,9	6,5	6,2
Mai . . .	11,2	9,7	9,4	9,5	10,1	8,2	8,0
Juni . . .	11,7	10,4	9,8	8,7	9,6	10,6	8,1
Juli . . .	9,2	9,8	9,6	9,0	9,3	10,6	8,2
August . .	8,3	9,6	9,5	8,3	8,8	9,3	7,9
September	8,4	9,4	9,8	7,3	8,2	8,1	7,5
October .	6,9	7,5	7,3	6,2	7,1	6,6	7,0
November	3,4	5,9	4,8	3,5	4,8	4,5	5,9
December	3,0	4,9	3,9	3,3	4,1	3,8	5,0

1 Berghaus Ann. Th. V. S. 327.

2 Klimatologie. Hft. 1. S. 130.

3 Meteorologie. Th. II. S. 11.

4 Neuber's Beobachtungen bei Schouw.

5 Howard's Beobachtungen ebend.

6 10jähr. Beob. (1816 bis 1825) bei Kämtz.

7 Horner's Beobachtungen bei Schouw.

8 5jähr. Beobachtungen aus Wahlenberg de climate etc. bei Schouw.

9 5jähr. Beobachtungen aus Guerin déscription de la fontaine de Vaucluse, Avign. 1818, ebend.

10 5jähr. Beobachtungen von Marabitti in Scina Topografia di Palermo, Palermo 1818, ebend.

Digitized by Google

Aus dieser Tabelle ersieht man, dafs die verschiedenen Bedingungen sich wechselseitig compensiren. Zu Palermo sind die Unterschiede im Ganzen gröfser, als man bei der Nähe der See erwarten sollte, und es mag die Ursache hiervon in den Luftströmungen liegen, die von den benachbarten beeisten Bergen herabkommen; zu Apenrade sind sie im Winter am kleinsten, im Sommer am gröfsten, was mit bereits erwähnten Erfahrungen übereinkommt. Der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre hat auf die tägliche Oscillation einen merklichen Einflufs, indem die Unterschiede bei heiterem Himmel im Ganzen am gröfsten sind, es sey denn, dafs entstehende Gewitter oder eintretende Regenschauer eine bedeutende Temperaturverminderung erzeugen. Bei feuchter Atmosphäre kann die Temperatur nicht tiefer herabsinken, als bis zum Thaupuncte, weil dann die latente Wärme des Dampfes frei wird, wie Anderson[1] und August[2] durch Messungen bestätigt haben. V. Humboldt[3] berichtet, dafs in Oberguiana unter 2° N. B. wegen der beständigen Regen in Folge der unermefslichen Urwälder der Unterschied der Temperatur bei Tage und bei Nacht nur 0°,9 C., zwischen 4° und 8° N. B. nur 2° C. betrage. Auf gleiche Weise fand Luccok[4] bei seinen einige Zeit zu Villa Ricca in Brasilien angestellten Beobachtungen, dafs wegen der regnerischen Witterung, die sich meistens erst gegen Mittag aufklärt, die Temperatur vom Morgen bis zum Mittag nur um 2°,78 C. verschieden war, und Martin[5] erwähnt, dafs zu Chartum unweit Sennaar das Thermometer drei Tage anhaltend 32°,5 C. bis 35° zeigte, obgleich nach Bruce die Temperatur während der zweiten Regenperiode meistens anhaltend nur 26° bis 27°,5 beträgt. Hiernach sind also auch dort bei hohen und niederen Temperaturen die täglichen Oscillationen nur gering. Der Einflufs der Breite ist gleichfalls nicht zu verkennen, denn nach Schouw[6] beträgt die gröfste tägliche Veränderung im mittleren Europa 7°,22 C., nach v. Humboldt[7]

---

1 Edinburgh Philos. Journ. N. XXI. p. 161.
2 Poggendorff Ann. V. 340.
3 Reisen. D. Ueb. Th. IV. S. 299.
4 Bemerkungen über Rio-Janeiro. Weim. 1822. Th. II. S. 226.
5 Edinb. New Phil. Journ. N. XIII. p. 98.
6 Edinburgh Phil. Journ. N. IX. p. 186.
7 Journ. de Physique cet. T. LXVI. p. 425.

Digitized by Google

beträgt sie aber unter 2° 10′ N. B. in America nur 3°,4 C., wobei jedoch einzelne außerordentliche Fälle nicht berücksichtigt worden sind. Von 46° bis 49° N. B. beträgt der Unterschied der mittleren Temperatur des ganzen Tages und der höchsten im Mittage nach v. HUMBOLDT nur 3° C., für Paris nach ARAGO[1] fast 4°, für Clermont nach RAMOND nur 3°,7. Durch Zunahme der Höhe und Verminderung der Breite wird der tägliche Unterschied bedeutend geringer, denn nach HAMILTON[2] ist unter 27° 41′ N. B. die mittlere Temperatur des Mittags nur 1°,6 größer als die des Tages und auf der Hochebene von Quito ändert sich die Wärme oft mehrere Tage hindurch gar nicht. Der Einfluß der Höhe zeigt sich deutlich durch die Vergleichung der Thermometerstände zu Genf[3] und auf dem Bernhard[4]. Es waren nämlich die täglichen Unterschiede in Centesimalgraden:

Monat	Genf	St. Bernhard	Monat	Genf	St. Bernhard
Januar	4°,0	4°,9	Juli	9°,5	5°,6
Februar	6,0	5,8	August	9,6	5,8
März	7,8	6,9	Septemb.	8,7	4,9
April	9,4	7,7	October	6,5	4,1
Mai	9,7	8,2	Novemb.	5,2	4,2
Juni	9,6	6,9	Decemb.	4,1	3,7

Vermittelst der oben §. 76 angegebenen Interpolationsformel findet KÄMTZ den Tag des größten und kleinsten Unterschiedes:

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XIV. p. 14.

2 Account of the Kingdom of Nepaul cet. 1819. p. 70.

3 Aus 10jähr. Beobachtungen bei SCHOUW und 8jähr. bei KÄMTZ aus der Bibl. univ., die letzten 3jähr. mit Thermometrographen.

4 Aus 8jähr. Beobachtungen in Bibl. univ. bei KÄMTZ. Der Unterschied zwischen den Maximis an beiden Stationen und den Minimis gleichfalls an beiden Stationen war am stärksten in den Monaten Juli, August und September, betrug aber im Ganzen nur 7°,2 für die Maxima und 9°,0 für die Minima. Bibl. univ. T. X. sqq.

Digitized by Google

	Gröfster Unterschied	Kleinster Unterschied
London	2 Juli	1 Januar
Paris	29 Juli	29 December
Genf	1 Juni	23 December
St. Bernhard . .	28 April	1 December
Avignon	12 Juli	1 Januar
Palermo	27 Juli	25 December.

Hiernach fällt im Mittel das Maximum mit Ausschlufs von Genf und dem St. Bernhard auf den 17ten Juli, das Minimum mit Ausschlufs des St. Bernhard auf den 28sten December, was von Quetelet's aus Brüsseler Beobachtungen erhaltenen Bestimmungen (§. 78) wenig abweicht.

81) Kämtz bemerkt, dafs nicht blofs die ungleiche Länge der Tage diesen Unterschied erzeuge, wie Schouw und Wahlenberg anzunehmen geneigt sind, sondern dafs dieses durch den höheren Stand der Sonne geschehe, wobei für höhere Breiten noch insbesondere zu berücksichtigen ist, dafs die mit Schnee bedeckten oder gefrorenen Flächen durch die Sonnenstrahlen nicht so stark erwärmt werden können, weswegen der Unterschied der Extreme bedeutend vermindert werden mufs. Zugleich betrachtet er den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre als hauptsächlich bedingend, was durchaus nicht zweifelhaft ist; inzwischen darf die Richtung der Winde, die Nähe des Meeres und die Nachbarschaft hoher Gebirgsketten gleichfalls nicht übersehn werden. Kämtz stellt die mittleren täglichen Oscillationen, wie sie aus den unter niederen Breiten angestellten Beobachtungen hervorgehn, in folgender Tabelle übersichtlich zusammen.

Digitized by Google

Monat	Calcutta[1]	Seringapatam[2]	Colombo[3]	Trinconomalee[4]	Kouka[5]	Cobbé[6]
Januar	5°,8	17°,5	3°,3	1°,4	8°,8	10°,5
Februar	4,2	17,2	2,2	2,2	...	9,8
März	5,3	22,8	2,8	2,7	11,2	7,3
April	4,3	18,8	1,7	3,1	11,4	9,5
Mai	4,0	18,8	1,0	4,0	10,7	9,4
Juni	1,9	13,2	0,8	4,5	8,6	7,1
Juli	2,0	9,9	0,8	4,5	7,8	7,3
August	2,0	10,5	1,2	4,1	4,4	7,8
Septemb.	2,5	13,7	1,1	3,3	4,6	7,3
October	3,3	14,7	1,8	3,5	7,0	6,6
Novemb.	4,1	13,9	2,5	3,5	7,2	6,1
Decemb.	5,1	14,2	...	2,6	6,9	9,1

Alle diese Orte liegen jenseit des nördlichen Wendekreises, nach ungefährer Bestimmung Calcutta unter 22°5 N. B., Seringapatam unter 12°,5, Colombo unter 7° und Trinconomalee unter 9° N. B., Kouka unter 12°,5 und Cobbé ungefähr unter gleicher Breite. Hierbei ist zuerst die Gröfse der täglichen Oscillation auffallend, die sich zu Seringapatam zeigt, ungeachtet dieser Ort 2263 Par. F. Höhe hat, so dafs zwar die weitere Entfernung von den Küsten zum Theil als Ursache gelten kann, zugleich aber noch andere Bedingungen einen bedeutenden Einflufs haben müssen. Die beiden africanischen Orte liegen mitten in einem sehr grofsen Continente, und daher sind die täglichen Oscillationen auch dort nicht gering, bleiben aber doch bedeutend hinter den eben genannten zurück. Auffallend ist aber, dafs an allen diesen Orten, mit Ausnahme von Trinconomalee, die Oscillationen im Sommer geringer sind als im Winter, ganz im Gegensatze der Resul-

1 Zweijähr. Beobachtungen von Traill bei Sonnenaufgang und um 3 oder 3,5 Uhr. In As. Res. T. II. p. 421.

2 Zweijähr. Beobacht. von Scarman bei Sonnenaufgang u. 3 Uhr Nachm. In Edinb. Journ. of Science N. X. p. 249.

3 An d. Westküste Ceylons, bei Sonnenaufgang u. 3 Uhr Nachmitt. Edinb. Journ. of Sc. N. IX. p. 142.

4 An d. Ostküste Ceylons. eb.

5 In Bornu durch Oudney und Denham. Denham Narrative. p. 262.

6 In Dar-Fur von Browne, s. dessen Travels p. 475.

Digitized by Google

tate, die aus den Beobachtungen diesseit des Wendekreises hervorgehn. Kämtz findet die Ursache hiervon in der Feuchtigkeit der Atmosphäre, weswegen auch an beiden Orten auf Ceylon die Minima der Oscillationen mit den Regenzeiten zusammenfallen.

82) Dafs die Unterschiede der täglichen Wärme auf dem Meere geringer sind und sich dieser Einflufs auf die Küsten erstreckt, wie schon mehrmals erwähnt worden ist, folgt ebenso sehr aus der Theorie, als die Erfahrung dieses bestätigt. Die Luft empfängt einen grofsen Theil ihrer Wärme von der stark erhitzten Erdoberfläche, was auf dem Meere wegfällt[1], weswegen v. Humboldt[2] zwischen Europa und Cumana selten einen täglichen Unterschied von 1°,5 bis 2° beobachtete, womit die Angaben von Horner und Langsdorf übereinstimmen. In gröfserem Umfange geht dieses aus Simonoff's[3] Beobachtungen hervor, welche auf Bellingshausen's Reise zur Zeit der obern und untern Culmination der Sonne angestellt wurden. Auf dem Meer zwischen 9° 55′ und 3° 36′ N. B. vom 13ten bis 27ten Oct. betrug der Unterschied beider Stände nur 0°,6 und war nicht gröfser auf der südlichen Erdhälfte zwischen 26° 42′ und 66° 52′, ja Winde und Hydrometeore erzeugten zuweilen eine umgekehrte Oscillation, wie als seltene Ausnahme auch auf dem Continente vorkommt. Kleine Inseln hatten auf die Gröfse des täglichen Unterschiedes keinen merklichen Einflufs, bei Teneriffa stieg derselbe bis 4°,4, bei Otaheite bis 6°,6 und zu Rio de Janeiro bis 7°,9.

83) Um den Unterschied der täglichen Oscillationen des Thermometers unter hohen Breiten auf der See und im Innern des Landes zu überblicken, stelle ich die durch Kämtz aus den Beobachtungen von Grape[4] zu Enontekis unter 68° 30′ und von Törnsten[5] in Jemteland unter 63° N. B. entnommenen und die von Scoresby[6] an den Küsten Spitzbergens

1 Vergl. *Meer*, Temperatur. Th. VI. S. 1656.
2 Voyage T. II. p. 74. bei Kämtz. Met. Th. II. S. 17.
3 Bibl. univ. T. XXXI. p. 296 sqq.
4 Wahlenberg Flora Lapp. p. XLIV.
5 Neue Schwed. Abh. Th. XII. S. 36.
6 Account of the Arctic Regions cet. T. I. App. I.

Digitized by Google

unter 76° bis 80° N. B. in den wärmeren Monaten von 1810 bis 1818 gefundenen tabellarisch zusammen, denen ich die höchst interessanten, welche Ross[1] bei seinem letzten Winteraufenthalte zu Felix Harbour unter 70° N. B. und 91° 53′ W. L. v. G. mit einem Thermometrographen in den Jahren vom October 1829 bis Februar 1832 erhalten hat, und diejenigen hinzufüge, welche durch v. Baer[2] aus den oben erwähnten Beobachtungen auf Novaja Semlia in der Felsenbai unter 70° 37′ N. B. und zu Matoschkin-Schar unter 73° N. B. entnommen worden sind, bei denen die Oscillationen geringer ausfallen mufsten, weil blofs alle zwei Stunden beobachtet wurde.

Monat	Jemteland	Enontekis	Spitzbergen	Boothia	Felsenbai	Mat.-Schar
Januar	2°,10	4°,96	. . .	0°,52	1°,62	0°,89
Februar	4,74	4,97	. . .	2,29	1,96	0,57
März	8,37	7,16	1,94	7,32	5,56	2,59
April	7,24	5,40	2,99	6,77	6,87	4,75
Mai	8,36	3,91	2,81	6,98	5,46	6,77
Juni	9,54	4,03	1,92	6,40	4,65	5,70
Juli	7,70	4,56	1,80	4,61	3,06	3,02
August	7,20	4,06	. . .	3,31	1,74	2,45
Septemb.	6,17	4,53	. . .	2,11	1,61	2,60
October	3,80	4,93	. . .	1,21	1,10	1,05?
Novemb.	2,10	4,43	. . .	0,91	1,47	0,60
December	1,77	5,76	. . .	0,31	1,66	1,36

Die Beobachtungen zu Enontekis geben eine bedeutende Oscillation im Winter, was mit den an andern Orten erhaltenen Resultaten nicht übereinstimmt. Kämtz[3] zieht daher die Richtigkeit der angegebenen Gröfsen in Zweifel; allein auffallen mufs nothwendig, dafs zu Jemteland, Enontekis und Boothia mit dem März so starke Oscillationen der Temperatur beginnen, die nachher geringer und in den Wintermonaten fast verschwindend werden. Auch bei Spitzbergen scheint

1 Narrative of a second Voyage in search of a North-West Passage cet. Lond. 1835. 4. App.

2 Bulletin scientifique publié par l'Académie imp. des Sc. de St. Petersb. T. II. N. 19.

3 Meteorologie. Th. II. S. 20.

das nämliche Gesetz zu herrschen, wie sich wahrscheinlich herausstellen würde, wenn vom März andere als kurze und unvollkommene Beobachtungen vorhanden wären.

84) Um die Ursachen der zu verschiedenen Zeiten und nach der Lage der Orte ungleich grofsen täglichen Oscillationen aufzufinden, ist gewifs nicht ohne Interesse, neben den mittleren täglichen Oscillationen auch diejenigen zu kennen, welche ausnahmsweise von vorzüglicher Gröfse an den einzelnen verschiedenen Orten vorkommen, allein es sind hierüber nur wenige Thatsachen bekannt, weil man versäumt, solche einzelne, hauptsächlich im östlichen Europa und im nördlichen Asien vorkommende, unglaublich grofse tägliche Wechsel aufzuzeichnen. Dafs diese auch auf dem Meere selten sind, unterliegt keinem Zweifel. John Davy[1] bemerkt, dafs die gröfste von ihm zwischen 13° und 36° S. B. vom 21. Febr. bis 17. März beobachtete Differenz nicht mehr als 5° C. betragen habe, und auf der Insel Lutschu[2] unter 26° 30′ N. B. 128° W. L. v. Gr. war Ende September die Wärme Tag und Nacht gleichmäfsig 27°,78 C. Zu Chartum, nicht weit von Sennaar, stieg nach Martin das Thermometer aufser der Regenzeit meistens auf 41° bis 42°,5 und nach Bruce stieg es sogar einmal bis 46°,25 C., sinkt aber dennoch bei Sonnenaufgang stets auf 26° bis 27° C. herab, so dafs also die tägliche Oscillation dann gegen 15° C. beträgt[3]. Nicht geringer ist dieselbe zuweilen unter hohen Breiten, denn zu Boothia Felix[4] wechselte die Temperatur einst von — 37°,21 C. am einen Tage bis — 6°,67 am andern, welches einen Unterschied von 30°,54 C. giebt. Die genauen stündlichen Aufzeichnungen des Capitain Ross setzen uns übrigens in den Stand, nicht blofs die bereits angegebenen mittleren täglichen Oscillationen in jenen unwirthbaren Gegenden zu kennen, sondern auch die an einzelnen Tagen wahrgenommenen Maxima und Minima der täglichen Oscillationen, d. h. den absoluten Unterschied zwischen der höchsten und tiefsten an dem

1 Edinburgh Journ. of Science. N. I. p. 63.

2 Basil. Hall Entdeckungsreise nach d. Westküste von Korea. Weim. 1819. S. 114.

3 Edinb. New Phil. Journ. N. XIII. p. 98.

4 Ross Narrative of a second Voyage cet. p. 274.

Digitized by Google

nämlichen Tage beobachteten Temperatur. Es finden sich nämlich

Maxima		Minima	
Am 11. u. 18. Jan.	=12°,78 C.	8ten Jan. . . .	=0°,00 C.
23sten Febr. . .	= 14,44 —	1sten, 10ten Febr.	= 1,11 —
24sten März . .	= 15,00 —	15., 22., 31sten März	= 2,78 —
23., 26. u. 29. April	= 14,44 —	9., 13., 25sten April	= 1,67 —
1. Mai	= 15,56 —	2ten, 31sten Mai	= 3,89 —
20. u. 26sten Juni	= 16,11 —	25sten Juni . .	= 2,22 —
22sten Juli . .	= 15,00 —	5ten Juli . . .	= 1,11 —
6ten August . .	= 11,11 —	15., 16., 24sten Aug.	= 1,11 —
12ten September	= 13,89 —	2ten, 17ten Sept.	= 1,11 —
24sten October .	= 13,89 —	3., 17., 18., 27. Oct.	= 1,11 —
12ten November	= 17,78 —	6ten Nov. . . .	= 1,11 —
20sten December	= 15,00 —	28sten Dec. . .	= 0,56 —

Hierbei ist der 8te Jan. am merkwürdigsten, indem an diesem Tage das Thermometer 24 Stunden anhaltend unveränderlich —42°,8 C. zeigte; auch ist auffallend, dafs die Minima der täglichen Oscillationen weit häufiger wiederkehren als die Maxima, was einen unverkennbaren Beweis liefert von der Geneigtheit der Wärme in jenen hochnördlichen Gegenden, sich während 24 Stunden nur wenig zu ändern.

Dafs die Oscillationen nach den Jahreszeiten verschieden sind, ist eine bekannte Sache, merwürdig ist aber, wenn die Angabe anders Vertrauen verdient, dafs nach Dauxion Lavayssé[1] der Unterschied der teglichen Wärme auf Trinidad unter 11° N. B. in der Regel nur 3°,4 C., im Frühjahr aber 10° C. betragen soll. V. Humboldt[2] giebt an, dafs an den heifsesten Tagen zu Cumana das Thermometer 30° bis 32°,8 erreicht, während es bei Nacht auf 22°,5 bis 25°,6 herabsinkt, woraus eine Oscillation von 7°,5 bis 7°,2 hervorgeht. Zu

1 Reisen nach den Inseln Trinidad, Tabago und Margaretha. Weim. 1816. S. 60 u. 73.

2 Risso Hist. Natur. des principales productions de l'Europe méridionale. Par. 1826. T. I. p. 280.

Nizza beträgt die mittlere Temperatur nach Risso[1] 15°,6, das Mittel aus den Maximis aber 19°,3, was eine tägliche mittlere Schwankung von 7°,4 andeutet, für Marseille aber betragen nach Gambart[2] jene beiden Gröſsen 14°,4 und 16°,4, somit also die tägliche Oscillation 4° C. Solche Orte, welche nach dem Untergange der Sonne durch regelmäſsig wiederkehrende Luftströmungen abgekühlt werden, die aus hierzu geeignet gelegenen Thälern, durch Flüsse geleitet, oder von der See her in die erhitzten Luftschichten eindringen, müssen stärkere Oscillationen zeigen, als andere, wo diese Bedingungen mangeln. Die ungleiche Länge der Tage, wie einfluſsreich sie unter mittleren Breiten seyn mag, dürfte zur allgemeinen genügenden Erklärung des Phänomens gleichfalls nicht ausreichen; denn wo sie im ganzen Jahre fast gleich sind, vermögen die längeren Nächte keine sehr auffallende Abkühlung herbeizuführen, wo sie aber ungleich sind, vermag die kurz dauernde Nacht die Wirkungen des längern Tages nicht ganz aufzuheben. Ueberhaupt scheint die Gröſse der täglichen Oscillationen durch mehrere zusammentreffende Ursachen bedingt zu werden, ohne daſs sich ein allgemeines Gesetz darüber aufstellen läſst. Inzwischen ist Baer bei der Betrachtung der in hochnördlichen Gegenden statt findenden zu einigen allgemeineren Resultaten gelangt, welche eine nähere Berücksichtigung verdienen. Zuerst findet er, daſs die täglichen Oscillationen in den nördlichen Gegenden dann am geringsten sind, wenn die Sonne gar nicht über den Horizont kommt oder nicht unter denselben hinabsinkt, doch so, daſs für den ersten Fall die Erscheinung sich etwas verspätet. Eigentlicher scheint mir aber aus den mitgetheilten Angaben hervorzugehn, daſs die täglichen Oscillationen ohne Rücksicht auf sonstige Einflüsse am geringsten werden, wenn die Sonne unter den Horizont beim Beginnen der langen Nacht hinabgesunken ist und gleichzeitig durch ihren südlicheren Stand die nördlichen Luftströmungen am wenigsten gehindert werden, daſs sie aber wieder wachsen, wenn die Sonne rückkehrend den Aequator erreicht und über denselben hinausrückt, weil dann der Conflict der südlichen und nördlichen Luftströmungen sein Maximum er-

1 Ebendaselbst.
2 Connaiss. de Temps pour 1827. p. 271.

Digitized by Google

reicht. Am beweisendsten sind hierfür die Beobachtungen von Scoresby unweit Spitzbergen, wo auf der See alle Nebenbedingungen am meisten ausgeschlossen bleiben; April und Mai dürften daher als diejenigen Monate zu betrachten seyn, in welche unter jenen hohen Breiten der Regel nach die Maxima der täglichen Oscillationen fallen sollten, obgleich sie auch bis zum Juni weiterrücken können. Im Ganzen ist es zwar schwierig, aus den vorhandenen Resultaten zu einer bestimmten Entscheidung zu gelangen, allein dennoch dürfte als ausgemacht zu betrachten seyn, daſs mit Ausschluſs örtlicher Einflüsse die täglichen Oscillationen unter der Linie gering sind, mit zunehmenden Breiten wachsen, dann in der Nähe des Polarkreises wieder abnehmen und unter dem Pole ihr absolutes Minimum erreichen, indem dort, namentlich während der langen Nacht, wie Baer meint, eine überall nur geringe Veränderung der Temperatur wahrnehmbar wird.

85) Daſs man zur Bestimmung der mittleren täglichen Temperatur die ganze Summe der Wärme, also das Product der gemessenen Thermometergrade in die Zeitdauer vertheilt auf die Tagsstunden, kennen müsse, ist bereits erwähnt worden, wobei zugleich bemerkt wurde, daſs diese Gröſse mit absoluter Genauigkeit zu erhalten auſser dem Bereiche der Möglichkeit liege. Man übersieht daher bald, daſs die früher aufgestellten mittleren Temperaturen, die auf Beobachtungen zu verschiedenen beliebigen Stunden des Tages beruhn, der erforderlichen Schärfe ermangeln, und auf gleiche Weise sind die Aufzeichnungen des Morgens, Mittags und Abends, wie sie die späteren Register enthalten, gleichfalls ungenügend, vielmehr bedarf es auf jeden Fall einer genauen Bestimmung der Stunden, an denen die Aufzeichnung geschehn muſs. Eine vollständige Untersuchung der Mittel, wodurch eine scharfe Bestimmung der täglichen mittleren Temperatur zu erhalten ist, verdanken wir in den neuesten Zeiten hauptsächlich den Bemühungen von Kämtz[1]. Der Erste aber, welcher die Aufgabe im ganzen Umfange gründlich untersuchte, war Tralles[2]. Dabei lagen die oben bereits angegebenen Bestimmun-

---

1 Schweigger's Journ. Th. XLVII. 420, vollständiger Meteorologie. Th. I. S. 90.

2 Berliner Denkschriften 1818. S. 411.

Digitized by Google

gen über den täglichen Gang der Temperatur zum Grunde, und es kam also darauf an, diejenige Curve zu finden, welche diesen, sofern er im Ganzen ein regelmäſsiges Gesetz befolgt, ausdrückt, um hieraus dann mit Benutzung einiger am Tage angestellter Beobachtungen die mittlere Temperatur zu erhalten. Tralles fand, daſs die Curve der täglichen Wärme aus vier parabolischen Bogen bestehe. Es sey demnach der Anfang derselben bei b, und nach Verfluſs einer Zeit, welche durch die Abscisse OL ausgedrückt wird, kehre sie wieder auf denselben Punct zurück, nachdem sie den höchsten, durch die Ordinate c bezeichneten Punct erreicht hat. Diese beiden, dem Abscissen-Intervall = L zugehörigen parabolischen Bogen haben die Ordinate c als gemeinschaftliche Axe. Der dritte parabolische Bogen treffe mit entgegengesetzter Krümmung den Punct der niedrigsten Temperatur = a — n und der vierte erhebe sich wieder bis zur anfänglichen Höhe. Diese beiden letzteren haben die Ordinate der kleinsten Wärme zur gemeinschaftlichen Axe und ein Abscissen-Intervall = 1 — L. Der Inhalt der beiden ersten Parabeln = $L[b + \frac{2}{3}(c-b)]$ bezeichnet die tägliche Wärme, wenn L einen Bruch bedeutet, dessen Nenner = 24 durch die Zahl der Stunden eines Tages gegeben ist; der Inhalt der beiden letzteren ist

Fig. 38.

$$= (1 - L)\left(b - \tfrac{2}{3}(b - a + n)\right)$$

und die Summe beider ist

$$a + \tfrac{2}{3}L(c - a) - \tfrac{1}{3}(2n(1 - L) + a - b).$$

Wählt man a so, daſs das zweite Glied = 0 wird, so drückt

$$a + \tfrac{2}{3}L(c - a)$$

die Wärme eines Tages genügend aus, weswegen aber die niedrigste Temperatur bei Nacht nicht zu versäumen ist. Tralles nimmt bei seiner Darstellung auch darauf Rücksicht, daſs die Temperatur nur selten am folgenden Tage zu b' wieder zurückkehrt, sondern daſs meistens die Ordinate = $b' \pm \beta$ wird, wie in der Zeichnung ausgedrückt ist; man darf jedoch dieses vernachlässigen, da β im Ganzen ebenso oft positiv als negativ seyn wird. Für die Anwendung dieser Formel muſs bemerkt werden, daſs a eine tiefe Temperatur bei Nacht ist, $\frac{2}{3}L = \frac{1}{16}$ der Tagslänge und c die höchste Temperatur. Letztere, welche ungefähr auf 2 Uhr Nachmittags fällt, ist am sichersten zu beobachten, auch muſs $\frac{2}{3}L$ für jeden Ort

besonders berechnet werden. Am schwierigsten ist, die Zeit zu bestimmen, in welcher die Temperatur bei Nacht beobachtet werden soll; denn obgleich die nämliche Temperatur nach Sonnenaufgang wieder eintritt, so ändert sich doch dann die Wärme so schnell, dafs sich hierüber nicht mit Sicherheit etwas festsetzen läfst. Tralles nahm die Beobachtung um 1 Uhr Nachts. Die gleichen Temperaturen b und b′ kommen bei der Formel nicht in Betrachtung, indefs wäre es immer der Mühe werth, zur Bestimmung derselben Beobachtungen anzustellen, da die früher angenommenen bei Sonnen-Auf- und Untergang ungenügend und nur selten einander gleich sind[1]. Er selbst fand vermittelst dieser Formel die mittlere Temperatur für Berlin = 6°,73 R. oder 8°,41 C., die mittlere Vormittags um 9 Uhr = 6°,37 R. oder 7°,94 C., welche Gröfsen nur um 0°,49 C. verschieden sind.

86) Brewster[2] benutzte die bereits erwähnten, zwei Jahre umfassenden stündlichen Beobachtungen zu Leith, um die Curve der täglichen Temperatur aufzufinden, zu welchem Zwecke die stündlichen, monatlichen und jährlichen Mittel für beide Jahre durch den jüngeren Foggo und C. Bell berechnet wurden. Aus der graphischen Darstellung der durch ganzjährige Beobachtungen für 1824 erhaltenen mittleren täglichen Fig. 39. Wärme geht hervor, dafs das Thermometer zwischen 4 und 5 Uhr Morgens den niedrigsten Stand hat, dann regelmäfsig steigt, bis es um 3 Uhr Nachmittags sein Maximum erreicht, von welchem Zeitpuncte an es allmälig wieder bis zum Minimum sinkt. Die Periode des Steigens dauert 9 Stunden 40 Minuten, die des Sinkens 14 Stunden 20 Minuten, die mittlere Wärme des ganzen Tages fällt auf 9 Uhr 13 Min. Morgens und auf 8 Uhr 26 Min. Abends. Wird auf gleiche Weise die Curve für 1825 gezeichnet, so läuft sie mit dieser fast parallel und eine mittlere Curve aus beiden verwandelt den etwas einer geraden Linie sich nähernden Theil, welcher einigen Nachmittagsstunden zugehört, in einen regelmäfsig gekrümmten. Vereinigt man die 6 Sommermonate vom April an gerechnet, so geht die Curve des Sommers regelmäfsig herab

1 Seitdem Tralles diesen Wunsch äufserte, ist in dieser Beziehung viel geschehn, wie theils aus den bisherigen, noch mehr aber aus den folgenden Untersuchungen erhellt.

2 Edinburgh Journ. of Science. N. IX. p. 18.

Digitized by Google

von 1 Uhr Nachts bis 4 Uhr Morgens und steigt dann ebenso regelmäfsig bis 3 Uhr Nachmittags, die Wintercurve dagegen hebt sich etwas zwischen 1 und 2 Uhr Nachts, sinkt dann bis 6 Uhr Morgens und steigt wieder bis 2 Uhr Nachmittags. Die Monate April und October geben genau die mittlere Temperatur des Jahres, unterscheiden sich aber dadurch, dafs im April die Morgentemperatur ungleich tiefer, die Mittagstemperatur aber höher ist, als im October, was aus der allmäligen Erwärmung der Erde durch die Sonnenstrahlen leicht begreiflich wird. Die mittlere Temperatur für 1825 fiel auf 9 Uhr 13 Min. Morgens und 8 Uhr 28 Minuten Abends, so dafs im Mittel aus beiden Jahren die mittlere tägliche Temperatur für Leith auf 9 Uhr 13 Min. Morgens und 8 Uhr 27 Min. Abends fallen würde. Diese beiden Stunden sind also für die Beobachtungen zur Auffindung der ganzjährlichen mittleren Temperatur die geeignetsten. Inzwischen gilt dieses nur vom ganzen Jahre; denn wenn es sich um die einzelnen Monate handelt, so sind nach den vereinten Beobachtungen von 1824 und 1825 folgende Stunden diejenigen, die das tägliche Mittel geben:

	Morgens.	Abends.		Morgens.	Abends.
Jan.	10 U. 34 Min.	6 U. 57 Min.	Juli	8 U. 55 Min.	8 U. 40 Min.
Febr.	10 — 2 —	6 — 56 —	Aug.	9 — 0 —	8 — 19 —
März	10 — 10 —	8 — 8 —	Sept.	8 — 52 —	8 — 18 —
April	9 — 1 —	8 — 26 —	Oct.	9 — 25 —	6 — 48 —
Mai	9 — 14 —	8 — 40 —	Nov.	9 — 30 —	7 — 41 —
Juni	9 — 7 —	8 — 24 —	Dec.	9 — 56 —	6 — 15 —

Um zu versuchen, wie weit sich die Curve der mittleren täglichen Temperatur aus den Jahren 1824 und 1825 der Parabel nähere, trug Brewster auf die Ordinatenlinie der Stunden die Temperaturen als Abscissen und erhielt durch Vereinigung der Endpuncte der letzteren die Bogen AB, BC, CD, DE, wobei

Fig. 40.

zu A B	die Ordin. A H = 513,	die Abscisse B H = 172 =	2°,872 F.
— B C	— — C H = 253	— — B H = 172 =	2,872
— C D	— — C G = 347	— — D G = 196 =	3,266
— D E	— — E G = 327	— — D G = 196 =	3,26

gehören. Drückt man beide Gröfsen durch das nämliche Mafs aus, so giebt die Summe der Ordinaten = 513 + 253 + 347

+ 327 = 1440 Theile = 24 Stunden, die Abscissen aber geben 172 und 196 Theile. Wird die Curve als Parabel betrachtet, so hat man

$$BH : Bm = AH^2 : mn^2, \text{ also}$$

$$Bm = \frac{BH \times mn^2}{AH^2}.$$

Es ist aber AE die Linie der mittleren Temperatur, pn die Gröfse des Herabsinkens der Temperatur unter das Mittel im Puncte p und $pn = Hm = HB - Bm$. Heifst dann m das Minimum der Temperatur und die Ordinate $mn = y$, so erhalten wir die gesuchte Temperatur t in der Zeit p

$$t = m + \frac{HB \times y^2}{AH^2}.$$

Für den parabolischen Bogen BC ist

$$t = m + \frac{HB \times y^2}{CH^2},$$

für den parabolischen Bogen CD, wenn M das Maximum der Temperatur bezeichnet,

$$t = M - \frac{GD \times y^2}{CG^2},$$

für den parabolischen Bogen DE

$$t = M - \frac{GD \times y^2}{EG^2}.$$

Die nach diesen Ausdrücken berechneten Temperaturen weichen von den beobachteten um nicht mehr als 0°,25 F. ab, die gröfsten Unterschiede fallen zwischen 4 und 8 Uhr Nachmittags, sind aber für 1825 schon geringer als für 1824 und würden daher durch Vereinigung mehrjähriger Beobachtungen ohne Zweifel ganz verschwinden.

87) Hällström[1] und Kämtz[2] haben die nämliche Aufgabe behandelt und die Resultate den Beobachtungen zu Leith und Padua angepafst. Auch hieraus geht hervor, dafs die Curve der täglichen Wärme aus vier parabolischen Bogen besteht. Nach der kurzen und klaren Darstellung des Letzteren, welcher ich hier folge, sey die Länge des Tages AC = 1 Fig. 41.

1 Aus Kongl. Vetensk. Acad. Handl. År. 1824. p. 217. in Poggendorff Ann. IV. 373.

2 Meteorologie. Th. I. S. 92. Vergl. Schweigger's Journ. Th. XLVII. S. 390. Th. XLVIII. S. 1.

Digitized by Google

und $AD = CF$, ferner seyen T und V die zwei Puncte, in denen die entgegengesetzten Parabeln sich vereinigen. Es kommt dann darauf an, das Rechteck ASXC so zu bestimmen, dafs sein Inhalt dem der vier Parabeln gleich sey. Der Inhalt einer Parabel ist bekanntlich gleich $\frac{2}{3}$mal dem Producte aus der Abscisse in die Ordinate und hiernach erhält man für die Fläche der vier Parabeln, also die mittlere Temperatur:

$$AC.AS + \tfrac{2}{3}EU.TU + \tfrac{2}{3}EU.UV - \tfrac{2}{3}SD.ST - \tfrac{2}{3}VX.XF$$
$$= AC(AD+DS) + \tfrac{2}{3}EU(TU+UV) - \tfrac{2}{3}DS(ST+VX).$$

Ist hierin $AC = 1$, so wird die mittlere Temperatur

$$= AD + DS + \tfrac{2}{3}EU.TU - \tfrac{2}{3}DS(1-TV)$$
$$= AD + DS + \tfrac{2}{3}EU.TV - \tfrac{2}{3}DS + \tfrac{2}{3}DS.TV$$
$$= AD + \tfrac{1}{3}DS + \tfrac{2}{3}TV(EU+DS)$$
$$= AD + \tfrac{1}{3}DS + \tfrac{2}{3}TV(EB-AD).$$

Nennt man die niedrigste Temperatur $AD = m$, die höchste $BE = M$, die mittlere t, so ist

$$t = m + \tfrac{1}{3}DS + \tfrac{2}{3}TV(M-m).$$

Es wird vorausgesetzt, dafs die höchste und niedrigste Temperatur, also M und m durch Beobachtung gegeben sind, und es ist dann nur erforderlich, die Gröfsen DS und TV zu bestimmen.

Hinsichtlich der Gröfse TV glaubte Hällström nach den täglich mehrmals zu Paris, Halle und Åbo angestellten Thermometerbeobachtungen, sie sey das ganze Jahr hindurch constant und an allen Orten gleich und betrage $\frac{14}{24}$, Kämtz dagegen suchte durch möglichst genaue geometrische Construction die Puncte M und N, wo die Parabeln der geraden Linie am nächsten kommen und also mit ihren Armen zusammenstofsen, durch diese Puncte legte er die Linie MN, deren Durchschnittspunct U dazu diente, die Linie SX mit AC parallel zu ziehn und somit TV zu erhalten. Es ergab sich dann ferner, dafs diese Gröfse von den Jahreszeiten abhängt, in den Monaten November, December, Januar und Februar zu Leith, in den drei ersten dieser Monate zu Padua am kleinsten, in den übrigen Monaten aber gröfser und fast gleich ist. Will man die Gröfse TV für die einzelnen Monate berechnen, so kann man das Jahr als einen Kreis betrachten, wobei jeder einzelne Monat einem Winkel von 30° zu-

Digitized by Google

gehört, und sich hierzu der oben §. 76 angegebenen Formel bedienen.

Die Gröfse DS betrachtet Hällström als eine Function von M — m, indem er $DS = u\,(M - m)$ setzt, und obgleich der Quotient $\frac{M - m}{DS}$ im Sommer etwas kleiner ist, als im Winter, so nimmt er ihn doch ohne bedeutenden Fehler als stets gleich an. Wird dann auch TV als stets gleich und $= \frac{7}{12}$ angenommen, so findet er

$$\text{für Paris } DS = \frac{M - m}{3{,}06},$$
$$\text{für Halle } DS = \frac{M - m}{2{,}45},$$
$$\text{für Åbo } DS = \frac{M - m}{2{,}31}.$$

Kämtz behält den angegebenen Werth von $TV = \frac{7}{12}$ bei und erhält dann

$$\text{für Padua } DS = \frac{M - m}{3{,}24},$$
$$\text{für Leith } DS = \frac{M - m}{3{,}37}.$$

Nimmt man aber den von diesem näher bestimmten Werth von TV, wie er in den einzelnen Monaten verschieden gefunden wurde, an und sucht dann die Gröfse DS, so wird der Quotient $\frac{M - m}{DS}$ fast in jedem Monate gleich. Setzt man hiernach die Gröfse $DS = \frac{M - m}{2{,}36}$ als mittleren Werth und bezeichnet man die Länge des Tages nicht durch 1, sondern durch die Zahl der Stunden = 24, so wird aus dem oben gefundenen Ausdrucke

$$t = m + \tfrac{1}{3} DS + \tfrac{2}{3} TV\,(M - m)$$
$$t = m + \frac{M - m}{7{,}08} + \tfrac{2}{3}\,\frac{TV}{24}\,(M - m),$$
$$t = m + \left(0{,}141 + \frac{TV}{36}\right)(M - m).$$

Da die mittlere tägliche Temperatur aus einigen binnen der 24 Stunden täglich angestellten Beobachtungen vermittelst der Quadratur derjenigen Parabel, welche den Gang der täg-

Digitized by Google

lichen Wärme ausdrückt, gefunden werden kann, so müssen alle Methoden dieser Quadratur hierbei anwendbar seyn. Man wird sich jedoch dieser Mittel nur selten bedienen, da es bequemere giebt, die zu demselben Ziele führen, und ich erwähne daher nur im Allgemeinen, daſs Kämtz[1] die von Kramp[2] und eine andere von Gauss[3] vorgeschlagene, von Posselt und Poggendorff[4] auf das vorliegende Problem angewandte Methode geprüft, und insbesondere die letztere als sehr zweckmäſsig gefunden hat.

88) Da zur Auffindung der mittleren Wärme eines gegebenen Ortes mehrjährige, täglich wiederkehrende Thermometerbeobachtungen erforderlich sind, so wächst hierdurch die Summe derselben auſserordentlich, und man begreift bald, daſs es vortheilhaft seyn muſs, die Zahl der täglichen Beobachtungen zu vermindern, um nicht eigens hierzu bestimmte Observatoren und Rechner zu bedürfen. Es ist daher eine wichtige Aufgabe der Meteorologie, mit Beseitigung der unbequemen nächtlichen Beobachtungen diejenigen möglichst wenigen Stunden des Tages aufzufinden, deren Temperaturen die mittlere tägliche unmittelbar geben. Am natürlichsten war wohl der Gedanke, daſs die halbe Summe des Maximums und Minimums am sichersten zu diesem Ziele führen müsse, und nach v. Humboldt[5] wurde diese Methode bereits durch den Pater de Beze in den Jahren 1686 und 1699 empfohlen, kam jedoch erst mehr in Aufnahme, als v. Humboldt selbst dazu aufforderte[6]. Man bedarf hierzu jedoch der Thermometrographen, die nicht in den Händen vieler Physiker sind und es früher noch weniger waren, und zudem weicht nach einer durch Schouw[7] angestellten Prüfung das hierdurch erhaltene Resultat in einigen Monaten nicht unbedeutend von demjenigen ab, was aus 24stündigen Beobachtungen erhalten wird, wie dieses auch unverkennbar aus der so eben angegebenen

1 Meteorologie Th. I. S. 108.

2 Annales de Mathématiques T. VI. p. 261. 372. T. IX. p. 375.

3 Comment. Soc. Reg. Gott. recent. T. III. p. 39.

4 Dessen Annalen Th. IV. S. 410. Vergl. Klügel's mathem. Wörterb. Th. IV. S. 153.

5 Poggendorff Ann. VIII. 175.

6 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. II. p. 497.

7 Pflanzengeographie S. 59. Vergl. Kämtz a. a. O. S. 98.

Digitized by Google

Methode zur Auffindung der mittleren Temperatur hervorgeht. Kämtz[1] hat aus 9jährigen, zu Paris angestellten Beobachtungen außerdem gefunden, daß das für 3 Uhr Nachmittags erhaltene Maximum um 0°,54 kleiner ist, als das mit einem Thermometrographen gefundene.

89) Schon früher, die Bemühungen Chiminello's nicht gerechnet, kamen einige Gelehrte auf den Gedanken, eine Zeit lang stündlich das Thermometer zu beobachten und zu versuchen, welche vereinte Tagsstunden das tägliche Mittel geben, indeſs darf man wohl sagen, daß Brewster[2] der Erste war, welcher seit etwa 1823 diesen Gegenstand zur näheren Untersuchung brachte. Es sollten damals an verschiedenen Orten Schottlands Beobachtungen zur Auffindung der mittleren Wärme angestellt werden und man wählte hierzu die Stunden um 10 Uhr Vormittags und Nachmittags, weil Gordon diese bereits als die geeignetsten vorgeschlagen hatte, weswegen sie auch von der königl. Societät zu Edinburg als solche empfohlen wurden. Allerdings scheint es am sichersten, die Puncte, wo die entgegengesetzten Parabeln sich berühren, also die zwei Zeitmomente zu wählen, die ohnehin die mittlere tägliche Temperatur geben. Man könnte sagen, es sey nur eine Beobachtung zu einer Zeit zu wählen, wo ohnehin die mittlere tägliche Temperatur statt findet, allein es ist zu schwierig, bei der stark wechselnden Krümmung der täglichen Wärmecurve diesen Moment genau zu bestimmen, statt daß nach Wahrscheinlichkeit diese Unregelmäßigkeiten durch zwei, in einem bestimmten Abstande von einander befindliche, Puncte besser ausgeglichen werden. Brewster begnügte sich jedoch nicht mit der angenommenen Regel, sondern beschloſs die Sache näher zu prüfen, und veranstaltete daher die mehrerwähnten zweijährigen stündlichen Beobachtungen zu Leith. Aus diesen geht das Resultat hervor, daß zwei gleichnamige Stunden vor und nach der oberen Culmination der Sonne sehr nahe das Mittel der täglichen Wärme geben, womit auch v. Humboldt[3] übereinstimmt, während andere Gelehrte auch sonstigen gleichnamigen Stunden den Vorzug gegeben haben. Es

---

1 Schweigger's Journ. Th. XLVII. S. 424.

2 Results of the thermom. Observations made at Leith Forth. Edinb. 1826. Edinb. Journ. of Science. N. IX. p. 18.

3 Risso a. a. O. Th. I. S. 276.

liegen indefs bereits Thatsachen in Menge zur Entscheidung der Frage vor, welche Stunden hierzu am geeignetsten sind, wodurch dann zugleich ein Mittel gegeben wird, aus vorhandenen Beobachtungen zu beliebigen Stunden die mittlere Temperatur der Orte in sehr genäherten Werthen zu finden.

Playfair[1] glaubte, die mittlere Temperatur falle auf 8 Uhr Morgens, das Maximum gegen 3 Uhr Nachmittags, und er wählte daher diese beiden Stunden nebst 10 Uhr Abends für die täglichen Beobachtungen; nach Brewster dagegen fallen sie mit einer unmerklichen Abweichung in beiden Jahren der stündlichen Beobachtungen zu Leith auf 9 Uhr 13 Min. Morgens und 8 Uhr 27 Min. Nachmittags. Inzwischen sind diese Stunden nicht für alle Monate dieselben, vielmehr wechseln sie auf folgende Weise:

	Vormitt.	Nachmitt.		Vormitt.	Nachmitt.
Jan.	10h 31′	6h 57′	Juli	8h 55′	8h 40′
Febr.	10 2	6 56	Aug.	9 0	8 19
März	10 10	8 8	Sept.	8 52	8 18
April	9 1	8 26	Oct.	9 25	6 48
Mai	9 14	8 40	Nov.	9 39	7 41
Juni	9 7	8 24	Dec.	9 56	6 15

wobei die Abweichungen vom regelmäfsigen Fortgange im Juli und September sehr auffallend sind. Brewster giebt für mehrere Orte an, um wie viel die durch die daselbst gebräuchlichen Beobachtungsstunden gefundenen täglichen Mittel der Temperatur von der wahren mittleren abweichen, wobei jedoch vorausgesetzt wird, dafs an allen diesen Orten das nämliche Gesetz gelte, welches aus den Beobachtungen zu Leith entnommen worden ist. Es geht hieraus übrigens hervor, dafs die aus Beobachtungen zu verschiedenen Stunden des Tags gefundenen mittleren Temperaturen sich mitunter nicht wenig vom wahren Mittel entfernen, eine Zusammenstellung der Gröfsen, welche durch Beobachtungen in zwei gleichnamigen Stunden erhalten wurden, zeigt dagegen, dafs auf diese Weise das richtige Mittel auf jeden Fall sehr annähernd gefunden wird. Um aber die aus den gegebenen Beobachtungen zu verschiedenen Stunden des Tags gefundenen täglichen Mittel auf die richtigen zu reduciren, scheint es mir am angemessensten, für Pa-

1 Edinb. Journ. of Science. N. IX. p. 26.

dua und Leith diejenigen Coefficienten zu suchen, womit die für einzelne Stunden gegebenen Beobachtungen multiplicirt werden müssen, um das richtige Mittel zn erhalten, weil sich diese Correction dann auch auf die zu verschiedenen Stunden angestellten Beobachtungen anwenden läfst, wobei jedoch vorausgesetzt wird, dafs unter verschiedenen Polhöhen der nämliche Gang der täglichen Wärme herrscht oder dafs die Curven der täglichen Wärme einander parallel sind, was zwar nicht in gröfster Strenge richtig ist, da sich selbst zwischen den Beobachtungen zu Leith und Padua in dieser Hinsicht ein kleiner Unterschied zeigt, aber doch im Ganzen als sehr nahe richtig gelten kann, auf jeden Fall dann, wenn von der ganzjährigen mittleren Temperatur die Rede ist. Heifst daher die mittlere tägliche Wärme t, die zu einer gewissen Stunde täglich beobachtete t', so hat man

$$t : t' = 1 : 1 \pm p,$$

wenn p die Gröfse bezeichnet, um welche die gefundene gröfser oder kleiner ist, als die mittlere. Hiernach hat man

$$t = t' \frac{1}{1 \pm p}.$$

Die Factoren $\frac{1}{1 \pm p}$ für Padua und Leith sind in der folgenden Tabelle enthalten, worin die Stunden vom Mittage an gezählt werden.

Werthe von $\frac{1}{1 \pm p}$ für

Stunde	Padua	Leith	Stunde	Padua	Leith
1	0,83032	0,84724	13	1,15160	1,15160
2	0,81893	0,83549	14	1,17922	1,16796
3	0,82089	0,83319	15	1,20721	1,18947
4	0,84510	0,84565	16	1,23100	1,22660
5	0,88083	0,86260	17	1,23876	1,21505
6	0,92533	0,88978	18	1,19775	1,19261
7	0,96900	0,92719	19	1,13450	1,13999
8	1,00516	0,98801	20	1,05853	1,08263
9	1,04805	1,02844	21	0,97590	1,01345
10	1,07592	1,06480	22	0,92098	0,95662
11	1,10171	1,09976	23	0,88199	0,90673
12	1,12796	1,13000	24	0,85034	0,86653

Beide Reihen weichen wenig von einander ab, und ich glaube, dafs man sich der für Padua gefundenen Coefficienten

Digitized by Google

füglich zur Reduction der Beobachtungen, die an allen Orten Deutschlands, Frankreichs und Italiens angestellt worden sind, mit großer Sicherheit bedienen könne, und auch für Orte aus anderen Gegenden dürften dieselben anwendbar seyn, wenn nicht der Gang der Wärme daselbst ausnahmsweise von der allgemeinen Regel abweicht. Für Inseln und Küstenländer mögen die für Leith gefundenen den Vorzug verdienen.

90) Die vorstehenden Untersuchungen führen dann leicht zur Beantwortung der Frage, welche Stunden zur Auffindung der täglichen mittleren Temperatur am geeignetsten sind. Nach der vorstehenden Tabelle fallen diese für Padua etwas vor 8 Uhr Abends und nach 8 Uhr Morgens, für Leith etwas nach 8 Uhr Abends und etwas nach 9 Uhr Morgens. Die Zeit läßt sich genauer bestimmen, allein es ist ungleich leichter und bequemer, gerade Stunden zu wählen, als die Zeit der Beobachtungen nach Stunden und Minuten zu bestimmen; auch fügt sich Ersteres besser in die sonstigen bestimmten Geschäfte der Beobachter. Daher schlug Wargentin[1] nach den Beobachtungen zu Stockholm die Stunde 11 Uhr Abends, Cotte[2] für Paris 9 Uhr Morgens vor, welche nach Tralles[3] auch für Berlin die geeignete ist. Nach v. Humboldt[4] kommt die Wärme bei Sonnenuntergang der mittleren täglichen sehr nahe, Schouw[5], Hällström[6] und Kämtz[7] haben jedoch durch genaue Untersuchungen gefunden, daß die Stunden der mittleren Temperatur in den verschiedenen Monaten ungleich sind, und insbesondere hat Letzterer aus den gegebenen Messungen folgende interessante Zusammenstellung derselben mitgetheilt.

---

1 Poggendorff Ann. IV. 398.
2 Traité de Météorologie p. 371.
3 Berliner Abhandl. für 1818. S. 412.
4 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. II. p. 491.
5 Klimatologie Th. I. S. 131.
6 Poggendorff Ann. IV. 396.
7 Meteorologie Th. I. S. 106.

Monat	Morgen Padua	Morgen Leith	Abend Padua	Abend Leith	Zeit über dem Mittel Padua	Zeit über dem Mittel Leith
Januar	$22^h,2$	$22^h,3$	$8^h,7$	$7^h,8$	$10^h,5$	$9^h,5$
Februar	22,1	21,9	9,7	7,2	11,6	9,3
März	21,6	21,9	9,2	8,6	11,6	10,7
April	21,5	21,0	9,1	8,8	11,6	11,8
Mai	19,6	21,0	7,6	9,0	12,0	12,0
Juni	19,4	20,8	7,1	8,6	11,7	11,8
Juli	19,5	20,7	7,1	8,9	11,6	12,2
August	20,2	20,8	7,4	8,5	11,2	11,7
September	20,8	21,1	7,9	8,2	11,1	11,1
October	21,4	21,2	7,5	6,8	12,1	9,6
November	21,2	21,6	6,6	7,7	9,4	10,1
December	21,6	21,5	7,5	6,2	9,9	8,7

Es ergeben sich ziemlich bedeutende Unterschiede an beiden Orten, vorzüglich aber zeigt sich, dafs keine zwei gleichnamige Stunden, beide einzeln oder vereint, die tägliche mittlere Temperatur geben können. Das Comité für Edinburg entschied nach dem Vorschlage von GORDON für 10 Uhr Morgens und 10 Uhr Abends, und um diese Regel zu prüfen, veranstaltete BREWSTER[1] schon früher fünf Reihen stündlicher Beobachtungen. Hierdurch erhielt er

		Mittel aus stündl. Beob.	Mittel aus 10 und 10 Uhr.
1816	von 23. März bis 29. März	3°,90 C.	3°,14 C.
	— 1. April — 1. April	5,42	5,27
	— 23. Juli — 27. Juli	17,97	17,47
	— 28. Oct. — 1. Nov.	8,70	9,19
1817	— 6. Jan. — 6. Febr.	—9,63	—8,80
	Mittel	5°,27	5°,25

mit dem unbedeutenden Unterschiede von 0°,02 C. Hiernach liegt die aus zwei Beobachtungen um 10 Uhr Morgens und Abends entnommene Temperatur der wirklichen mittleren weit näher, als die aus dem Maximum und Minimum. Aus der Fortsetzung dieser Beobachtungen, wie sie in den Jahren 1824 und 1825 angestellt wurden, folgert BREWSTER[2], dafs aus der Verbindung von zwei gleichnamigen Stunden die mittlere

1 Edinburgh Philos. Journ. N. XII. p. 352.
2 Edinb. Journ. of Science. New Ser. N. II. p. 251.

Digitized by Google

Temperatur sehr genau gefunden wird, obgleich die vereinten Beobachtungen um 9 Uhr 13 Min. Morgens und 8 Uhr 27 Min. Abends das richtigste Resultat geben. Es darf hierbei jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, daſs diese Folgerung bloſs für Leith und höchst wahrscheinlich auch für die sämmtlichen Orte an der Ostküste Groſsbritanniens gilt. Dürfen wir ferner die für Padua und Leith erhaltenen Resultate als solche betrachten, aus denen der Gang der täglichen Wärme sich auch für andere Orte bestimmen läſst, so ist es leicht, aufzufinden, welche Paare gleichnamiger Stunden sich zur Auffindung der täglichen mittleren Wärme am besten eignen.

Die folgende Tabelle zeigt nämlich, um wie viel die aus zwei gleichnamigen Stunden erhaltene Temperatur von der genauen mittleren, die zu Padua aus 24stündigen Beobachtungen 13°,75 und zu Leith 9°,04 beträgt, abweicht, und giebt den Coefficienten $\frac{1}{1 \pm p}$, womit sie corrigirt werden muſs, um sie auf die 24stündige mittlere zu reduciren.

Stunden	Padua Temper.	Padua Untersch.	Padua $\frac{1}{1 \pm p}$	Leith Temper.	Leith Untersch.	Leith $\frac{1}{1 \pm p}$
1 und 1	14°,25	0°,50	0,9648	9°,26	0°,22	0,9762
2— 2	14,22	0,47	0,9669	9,28	0,24	0,9741
3— 3	14,07	0,32	0,9772	9,23	0,19	0,9749
4— 4	13,72	—0,03	1,0022	9,08	0,04	0,9956
5— 5	13,36	—0,39	1,0292	8,96	—0,08	1,0089
6— 6	13,17	—0,05	1,0440	8,87	—0,17	1,0192
7— 7	13,16	—0,59	1,0448	8,84	—0,20	1,0226
8— 8	13,34	—0,31	1,0307	8,79	—0,25	1,0284
9— 9	13,61	—0,14	1,0103	8,86	—0,18	1,0227
10—10	13,86	0,11	0,9921	8,97	—0,07	1,0078
11—11	14,03	0,28	0,9800	9,09	0,05	0,9945
12—12	14,18	0,43	0,9697	9,22	0,18	0,9805

Hiernach giebt es der täglichen Wärmecurve gemäſs zwei Paare gleichnamiger Stunden, die dem wahren täglichen Mittel am nächsten kommen, in Padua um 4 und 10 Uhr, in Leith um 4 und um 11 Uhr; die gröſste Abweichung beträgt aber zu Padua nur 0°,5 und zu Leith nur 0°,25 C. Wenn wir diesemnach z. B. für Maestricht das Mittel aus den um 9 Uhr Morgens und um 9 Uhr Abends erhaltenen Tempera-

turen nehmen und dieses mit dem Mittel des für Padua und Leith für diese Stunden gefundenen Coefficienten multipliciren, also $\frac{10°,45 + 9°,79}{2} \times \frac{1,0103 + 1,0227}{2}$, so giebt dieses für die mittlere jährliche Wärme daselbst 10°,287, also um 0°,337 C. gröfser, als die durch CRAHAY[1] aus den genau mittelst eines Thermometrographen gemessenen Maximis und Minimis entnommene = 9°,97 C., aber wahrscheinlich noch genauer, wenn wir diese mittlere Temperatur mit der zu Brüssel gefundenen = 10°,8 vergleichen. Wollte man zur Reduction blofs den für Padua gefundenen Coefficienten = 1,0103 anwenden, so betrüge die mittlere Temperatur zu Maestricht nur 10°,224, also nur 0°,254 C. mehr, als die aus den Maximis und Minimis erhaltene[2].

91) Nach BREWSTER's Wunsche wurden auch zu Wien am 17ten Juli 1826 stündliche Beobachtungen angestellt, deren Resultate BAUMGARTNER[3] mittheilt. In Wien selbst unter 48° 12′ N. B. und 541 Fufs über der Meeresfläche war nach v. JACQUIN's Beobachtungen im botanischen Garten das Mittel aus allen gemessenen Thermometergraden = 15°,4, aus denen um 9 und 9 Uhr = 15°,3, aus denen um 10 und 10 Uhr = 15°,5. Keine dieser Stunden giebt also das Mittel völlig genau, am nächsten kommt Morgens 9 Uhr mit 15°,2, und Abends 8 Uhr mit 15°,5, so dafs beide vereint die mittlere Temperatur ganz genau geben würden, allein die Zeit eines einzigen Tages ist zu kurz, als dafs man auf das erhaltene Resultat eine Regel gründen könnte. Gleichzeitig wurde auch zu Görz unter 45° 57′ N. B. in einer Meereshöhe von 264 F. durch PHIL. JORDAN beobachtet. Das Mittel aller Beobachtungen war 18°,76, aus denen um 9 und 9 Uhr 18°,55, die dem Mittel am nächsten kommenden einzelnen Stunden waren Morgens 8 Uhr mit 19°,3 und Abends um 7 Uhr mit 19°,4. Auf dem Schneeberge unter 47° 45′ 45″ N. B. in einer Höhe von 6390 Fufs erhielt der Beobachter,

---

1 Mémoire sur la Météorologie. p. 8.

2 Da die Beobachtungen zu Maestricht zu den vorzüglich genauen gehören, so ist es nützlich, durch diese Betrachtung zu zeigen, wie sehr annähernd die mittleren Temperaturen aus zwei in gleichnamigen Stunden täglich angestellten Beobachtungen gefunden werden.

3 Wiener Zeitschrift Th. II. S. 59.

Digitized by Google

Hauptmann Hawliczeck, im Mittel 6°,32; aus 9 Uhr Morgens und 9 Uhr Abends 6°,1; aus 10 Uhr Morgens und 10 Uhr Abends 6°,55; dem Mittel am nächsten kam nur die Temperatur um 9 Uhr Abends mit 6°,5. Auf dem Leopoldsberge unter 48° 17′ 26″ N. B. von 1296 Fuſs Meereshöhe erhielt v. Schmolla aus 24 Beobachtungen 15°,40; aus 9 Uhr Morgens und Abends 14°,95; aus 10 und 10 Uhr 15°,5; am nächsten kam 9 Uhr Morgens mit 15°,2, alle Grade nach der 80theil. Scale. So wenig so kurze Zeit dauernde Beobachtungen auch eine Regel begründen können, so gewahrt man doch auffallend die Uebereinstimmung mit dem für Padua gefundenen Gesetze, wonach das Mittel aus den Beobachtungen um 9 und 9 Uhr etwas zu klein, das um 10 und 10 Uhr etwas zu groſs ist. Durch Brewster scheinen auch die Beobachtungen veranlaſst worden zu seyn, welche Schübler[1] am 17. und 18. Febr. 1827 stündlich, aber leider mit einigen, durch Interpolation ersetzten Unterbrechungen, anstellte. Hieraus ergiebt sich gleichfalls, daſs das Mittel aus dem Maximum und Minimum geringer ist, als das Mittel aus stündlichen Beobachtungen, dagegen giebt eine Vereinigung der um 6^h Morgens, 2^h und 10^h Nachmittags angestellten Beobachtungen die gesuchte Gröſse sehr genau und die aus Chiminello's Beobachtungen entnommenen Correctionen sind für den gewünschten Zweck völlig genügend.

92) Herschel's bekannte Aufforderung zu gemeinschaftlichen stündlichen Beobachtungen haben auch Quetelet[2] veranlaſst, solche zu Brüssel anzustellen, wodurch er v. Humboldt's Satz, daſs zwei gleichnamige Stunden die mittlere Temperatur nahe genau geben, im Ganzen bestätigt findet. Wir können indeſs die hierdurch gewonnenen Thatsachen noch vollständiger benutzen, wenn wir aus den 5 bis jetzt bekannt gewordenen Reihen, wovon 2 dem 22sten Juni, die 3 übrigen dem 21sten März, 21sten Sept. und 21sten Dec. zugehören, das Mittel nehmen. Hieraus erhalten wir, die Stunden vom Mittage an gezählt:

---

1 Schweigger's Journ. Th. XLIX. S. 121.

2 Bulletins de l'Acad. des Sciences et Belles Lettres de Bruxelles. 1835. T. II. p. 234. 327. 1836. p. 5. 104. 238.

Digitized by Google

Stunde	Juni	September	December	März	Mittel	$\frac{1}{1 \pm p}$
1	17°,85	22°,10	—5°,30	16°,50	12°,79	0,7384
2	17,82	23,00	— 5,25	16,65	13,05	0,7237
3	17,80	23,25	— 5,10	16,95	13,25	0,7128
4	17,48	22,45	— 5,50	16,95	12,84	0,7356
5	17,62	21,40	— 6,15	15,95	12,20	0,7742
6	17,30	20,05	— 7,50	15,35	11,30	0,8358
7	15,73	19,10	— 8,10	14,50	10,31	0,9161
8	14,53	18,70	— 8,60	11,80	9,11	1,0368
9	14,16	18,40	— 9,00	10,00	8,39	1,1257
10	13,76	18,20	— 9,60	9,80	8,04	1,1748
11	13,23	18,00	—10,00	10,10	7,83	1,2063
12	14,05	17,70	—10,40	10,70	8,01	1,1792
1	13,90	17,40	—10,20	9,60	7,67	1,2314
2	14,05	17,10	—10,00	8,80	7,49	1,2610
3	14,25	17,00	— 9,90	8,20	7,39	1,2781
4	14,45	16,60	— 9,90	8,10	7,31	1,2921
5	14,00	16,50	— 9,70	8,00	7,20	1,3118
6	14,57	13,05	— 9,20	8,40	6,70	1,4097
7	15,50	15,15	— 9,10	8,70	7,56	1,2493
8	16,05	16,25	— 9,45	9,00	7,96	1,1866
9	16,45	17,80	— 8,50	9,80	8,89	1,0624
10	17,72	19,50	— 8,20	9,80	9,70	0,9737
11	17,40	20,40	— 7,20	11,60	10,55	0,8953
12	17,62	21,10	— 6,10	12,00	11,15	0,8471
Mittel	15,72	18,76	— 8,23	11,55	9,45	

Ein einzelner Tag kann unmöglich eine Regel für den täglichen Gang der Wärme abgeben, denn es kommen oft Sprünge vor, welche die Biegung der Curve ganz verrücken. So war es auch bei den hier mitgetheilten Beobachtungen der Fall, daſs an zwei Beobachtungstagen die Temperatur zu sehr sich änderte, um die zu gleichen Stunden an zwei einander folgenden Tagen gemessenen Thermometergrade in ein Mittel zu vereinigen, ohne den regelmäſsigen täglichen Gang der Wärme gänzlich zu verrücken, und aus dieser Ursache rührt auch die in der Tabelle im Juni auf 12 Uhr Nachts fallende plötzliche Verrückung. Dennoch stellt sich die Regelmäſsigkeit der täglichen Wärmecurve heraus, jedoch sind die täglichen Extreme gröſser, als sie aus einer Vereinigung ganzjähriger Beobachungen muthmaſslich hervorgehn würden, auch ist die mittlere jährliche Temperatur von 9°,45 C. geringer, als die aus lange anhaltenden zahlreichen Beobachtungen ent-

Digitized by Google

nommene von 10°,67 mit einem Unterschiede von 1°,22. Wollen wir aber annehmen, dafs die mittlere tägliche Curve für das ganze Jahr mit der angegebenen parallel laufe, so geben die in der 7ten Columne enthaltenen Zahlen diejenigen Factoren, womit man die zu den angegebenen Stunden angestellten Beobachtungen multipliciren müfste, um aus ihnen die mittlere zu erhalten, und die nachfolgende Tabelle zeigt, dafs ebenso wie zu Padua und Leith auch zu Brüssel das aus zwei gleichnamigen Stunden erhaltene Mittel von der täglichen mittleren Wärme nicht merklich abweicht.

Stunden	Untersch.	$\frac{1}{1 \pm p}$	Stunden	Untersch.	$\frac{1}{1 \pm p}$	Stunden	Untersch.	$\frac{1}{1 \pm p}$
1	0°,79	0,9233	5	0°,26	0,9737	9	—0°,80	1,0932
2	0,88	0,9135	6	−0,44	1,0494	10	— 0,57	1,0648
3	0,88	0,9135	7	−0,51	1,0577	11	— 0,25	1,0261
4	0,64	0,9370	8	—0,90	1,1063	12	0,14	0,9859

Hiernach sind die beiden gleichnamigen Stunden 5 und 5, 12 und 12 diejenigen, welche die mittlere tägliche Temperatur am genauesten geben. Quetelet[1] findet jedoch aus den ihm zu Gebote stehenden zahlreichen Beobachtungen zu Brüssel, dafs die mittlere tägliche Temperatur dort etwas nach 8 Uhr Morgens und etwas vor 7 Uhr Abends fällt, woraus wohl ohne Widerrede folgt, dafs die von mir mitgetheilten Resultate aus den angegebenen Gründen auf einen hierfür genügenden Grad von Genauigkeit keine Ansprüche haben; dennoch aber zeigen sie den täglichen Gang der Wärme nicht blofs deutlich, sondern die gröfste Abweichung des Mittels aus zwei gleichnamigen Stunden vom genauen Mittel aus 24 Stunden beträgt nicht mehr als 0°,9 C., so dafs also auf jeden Fall selbst auf diese Weise mindestens annähernde Resultate zu erhalten sind.

Auf die durch Brewster gegebene Veranlassung wurden ferner an vielen Orten von Nordamerica am 17ten Juli 1826 stündliche Beobachtungen angestellt. Aus denen zu Tweedsmuir School unter 55° 30′ N. B. ergiebt sich[2] die mittlere Wärme = 13°,58 C. Dieser am nächsten kommt als ein-

1 Bulletin de la Soc. de Bruxelles. 1835. T. II. p. 355.
2 Edinburgh Journ. of Science. N. XI. p. 148.

Digitized by Google

zelne Stunde um 8 Uhr Morgens mit 13°,33 und 8 Uhr Abends mit 12°,78; die beiden gleichnamigen Stunden um 10 Uhr mit 13°,47 kommen aber noch näher. Hiernach sind wohl die gleichnamigen Stunden um 10 Uhr allgemein als die geeignetsten für tägliche Thermometermessungen zu empfehlen, wie auch Kämtz[1] gefunden hat, noch genauere Resultate aber erhält man durch die Verbindung von 4 Durchschnittspuncten der parabolischen Curve, wozu Kämtz, übereinstimmend mit den oben gefundenen Gröſsen, die gleichnamigen Stunden 4 Uhr und 10 Uhr empfiehlt, deren mittlere Wärme von der aus 24 Stunden erhaltenen, nach einer hierfür berechneten Tabelle, in einem Monate um 0°,2 C. abweicht, für das ganze Jahr aber vollkommene Uebereinstimmung darbietet. Obgleich die gleichnamigen Stunden um 3 Uhr und 9 Uhr ein nicht minder genaues Resultat geben, so sind die ersteren doch deswegen vorzuziehn, weil in diese die regelmäſsigen barometrischen Oscillationen fallen, jedoch dürfte es zu viel verlangt seyn, an allen jenen 4 Stunden zu beobachten, von denen eine der äuſsersten auf jeden Fall der nächtlichen Ruhe zugehört, und zwei der genannten oder überhaupt zwei gleichnamige Stunden genügen um so mehr, als man mit groſser Sicherheit die erhaltenen Resultate auf die angegebene Weise durch Multiplication mit dem Factor $\frac{1}{1 \pm p}$ corrigiren kann. Viele Beobachter zeichnen ihre Messungen dreimal täglich auf und Dewey[2] zu Williamstown will aus 30 Tage fortgesetzten stündlichen Beobachtungen gefunden haben, daſs 7 Uhr Morgens, 2 Uhr und 9 Uhr Abends die tägliche mittlere Temperatur am genauesten geben; es ist jedoch überflüssig, hierüber weitere Untersuchungen anzustellen, da Alles, was zur Beurtheilung der Genauigkeit dient, welche durch zwei, drei oder mehrmalige tägliche Aufzeichnungen erhalten wird, bereits mitgetheilt worden ist. Schlieſslich möge daher hier nur noch bemerkt werden, daſs nach Playfair[3] die mittlere tägliche Temperatur aus der um 8 Uhr Morgens verbunden mit dem Mittel aus dem Maximum und Minimum sehr genau gefunden

---

1 Meteorologie Th. I. S. 105.
2 Edinburgh Phil. Journ. N. XII. p. 352.
3 Edinburgh Philos. Trans. T. V. p. 193.

werden soll, wogegen die africanische meteorologische Gesellschaft[1] nach HERSCHEL's Vorschlage 8 Uhr Morgens, 2 Uhr Nachmittags und 8 Uhr Abends vorschreibt, welche Stunden auf jeden Fall ein sehr genähertes Resultat geben und aufserdem für die Beobachtungen fast allgemein sehr gut gelegen sind.

d) Mittlere monatliche Temperatur.

93) Wenn man die tägliche mittlere Wärme aller Tage eines Monates summirt und die so gefundene Gröfse durch die Zahl der Tage des gegebenen Monates dividirt, so erhält man die mittlere monatliche Temperatur. Wollte man auch diese durch eine Linie ausdrücken, so müfste dieselbe entweder eine gerade oder aus zwei geraden zusammengesetzt seyn, wenn man annehmen könnte, dafs vom Augenblicke der gröfsten Kälte an die Wärme stets zunähme bis zum Maximum und dann ebenso regelmäfsig wieder abnähme. Es giebt jedoch wohl nur ausnahmsweise unter niederen Breiten einige Orte, wo nicht in jedem Monate unregelmäfsige Schwankungen vorkommen, deren Untersuchung indefs von sehr geringem Interesse ist. Es lohnt sich daher nicht der Mühe, den Gang der monatlichen Temperaturen an den verschiedenen Orten der Erde zu untersuchen, und ich beschränke mich demnach auf die Angabe der monatlichen Extreme, die sich zwar aus allen Witterungsregistern ergeben, wenn man sich auf die in verschiedenen Stunden des Tages vorkommenden beschränkt, inzwischen kennt man nur von wenigen Orten die hierzu erforderlichen täglichen Temperaturen und an noch wenigern werden überhaupt die Maxima und Minima vermittelst Thermometrographen gemessen. Endlich aber sind die monatlichen Schwankungen nicht in allen Jahren gleich. Um daher nur im Allgemeinen eine Uebersicht der monatlichen Oscillationen unter verschiedenen Breiten zu geben, begnüge ich mich, diese von einigen Orten tabellarisch zusammenzustellen, woraus dann hervorgehn wird, dafs die monatlichen Oscillationen mit zunehmenden Breiten wachsen, ebenso wie die täglichen, aber zugleich in einem weit höheren Grade. Für Batavia unter 6° 9'

---

1 Edinburgh New Philos. Journ. N. XLI. p. 139.

Digitized by Google

15″ S. B. stehn die von Dr. KRIEL[1] in den Jahren 1758 und 1759 aufgezeichneten Beobachtungen zu Gebote, wobei Jener sich eines guten von PRINS, dem Schüler FAHRENHEIT's, verfertigten Thermometers bediente, für Hawaii unter 19° 30′ N. B. die Beobachtungen der Missionäre[2], für Padua unter 45° 24′ N. B. und Leith unter 55° 56′ N. B. dienen die mehrerwähnten stündlichen Beobachtungen, für Apenrade unter 55° 2′ 57″ N. B. die gleichfalls bekannten von NEUBER[3], welcher sich zugleich auch eines Minimum-Thermometers bediente, für Heidelberg unter 49° 24′ N. B. benutze ich meine eigenen Beobachtungen, für Fort Reliance unter 62° 46′ 29″ N. B. die von Capitain BACK[4], für Felix Harbour unter 70° N. B. die des Capitain ROSS[5] und für Lima unter 12° 1′ 15″ S. B. die Mittagsbeobachtungen von STEVENSEN[6]. Die Grade sind der leichteren Uebersicht wegen sämmtlich die der hunderttheiligen Scale. Dabei ist noch zu bemerken, daſs für die übrigen Orte nur einjährige Messungen, für Heidelberg aber die Mittel aus 18jährigen Beobachtungen zum Grunde liegen, wobei das Maximum zwar täglich, das wirkliche Minimum aber nur in einigen Fällen aufgezeichnet, in den meisten dagegen aus den Beobachtungen um 9 oder 10 Uhr Abends entnommen worden ist, so daſs die eigentlichen Schwankungen daher noch gröſser als die angegebenen sind.

---

1 Aus den Gesellschaftsschriften der Harlemer Societät von 1762 in Edinb. Journ. of Sc. N. X. p. 269.

2 Edinb. Journ. of Science N. X. p. 370.

3 Collectanea meteorologica. Hafn. 1829. Die Beobachtungen beginnen mit Juni 1824 und endigen mit Mai 1825.

4 Berghaus Annalen u. s. w. 1836. N. 133. S. 57.

5 Narrative of a Second Voyage cet. Appendix.

6 Reise in Arauco, Chile, Peru und Columbia. Weim. 1826. S. 99.

Digitized by Google

Monatliche Maxima und Minima.

Lima

Monat	1805 Max.	1805 Min.	1805 Untersch.	1810 Max.	1810 Min.	1810 Untersch.
Januar	25°,00	23°,75	1°,25	24°,44	23°,20	1°,20
Februar	26,33	24,44	1,89	25,00	23,75	1,25
März	25,77	23,75	2,02	25,00	23,75	1,25
April	23,74	22,22	1,52	23,75	21,84	1,91
Mai	23,91	19,44	4,47	21,81	19,44	2,37
Juni	18,74	18,33	0,41	18,89	17,78	1,11
Juli	18,33	17,22	1,11	18,20	16,11	2,09
August	17,49	17,09	0,40	17,64	16,11	1,53
September	18,33	17,49	0,84	18,20	17,78	0,42
October	18,75	17,49	1,26	18,75	17,49	1,24
November	20,83	18,75	2,08	20,83	18,60	2,23
December	23,20	20,83	2,37	21,92	21,11	0,81

Batavia

Monat	1758 Max.	1758 Min.	1758 Untersch.	1759 Max.	1759 Min.	1759 Untersch.
Januar	29°,44	23°,89	5°,55	27°,78	23°,33	4°,45
Februar	29,44	24,44	5,00	27,22	21,67	5,55
März	29,44	24,44	5,00	28,33	24,44	3,89
April	28,89	24,44	4,45	28,89	24,44	4,45
Mai	28,89	24,44	4,45	29,44	23,89	5,55
Juni	28,33	23,89	4,44	28,89	22,22	6,67
Juli	29,44	23,33	6,11	— —	— —	— —
August	30,56	23,89	6,67	— —	— —	— —
September	29,44	24,44	5,00	— —	— —	— —
October	28,33	24,44	3,89	— —	— —	— —
November	28,33	23,33	5,00	— —	— —	— —
December	28,89	23,33	5,56	— —	— —	— —

Digitized by Google

Monat	Hawaii 1822 und 1821 Max.	Min.	Untersch.	Padua Max.	Min.	Untersch.
Januar	26°,67	15°,00	11°,67	5°,0	—12°,4	17°,4
Februar	25,00	16,11	8,89	7,6	— 2,0	9,6
März	25,56	18,89	8,87	10,4	— 1,0	11,4
April	27,22	16,67	10,55	16,5	1,0	15,5
Mai	27,22	22,22	5,00	20,0	9,6	10,4
Juni	28,89	21,67	7,22	22,7	8,8	13,9
Juli	28,89	23,33	5,56	24,5	11,8	12,7
August	31,11	23,33	7,78	24,0	10,8	13,2
September	30,56	23,33	7,23	21,0	7,4	13,6
October	30,00	22,78	7,22	16,6	6,8	9,8
November	27,78	21,67	6,11	12,0	— 3,9	15,9
December	26,67	16,67	10,00	5,2	— 4,6	9,8

Monat	Heidelberg Max.	Min.	Untersch.	Apenrade Max.	Min.	Untersch.
Januar	8°,52	—12°,09	20°,61	7°,50	—5°,75	13°,25
Februar	11,45	— 8,04	19,49	10,00	—10,87	20,87
März	16,84	— 2,25	19,09	11,62	— 5,62	17,24
April	23,12	2,00	21,12	20,25	— 4,37	24,62
Mai	26,84	6,82	20,02	22,50	— 2,12	24,62
Juni	29,62	10,45	19,17	26,25	2,75	23,50
Juli	31,47	12,55	18,92	24,62	5,75	18,87
August	29,60	12,12	17,48	25,00	6,45	18,55
September	25,87	7,97	16,90	27,50	0,62	26,88
October	20,66	2,05	18,61	18,70	— 1,25	19,95
November	14,08	— 3,85	17,93	10,37	— 3,97	14,34
December	11,55	— 6,75	18,30	9,00	— 6,25	15,25

Digitized by Google

Monat	Leith 1824 Max.	Leith 1824 Min.	Leith 1824 Untersch.	Leith 1825 Max.	Leith 1825 Min.	Leith 1825 Untersch.
Januar	10°,88	0°,22	10°,66	8°,69	—0°,94	9°,63
Februar	9,79	1,62	8,17	8,32	— 1,82	10,14
März	10,02	0,40	9,62	11,38	2,24	9,14
April	14,39	0,83	13,56	12,43	4,74	7,69
Mai	15,41	5,83	9,58	12,58	7,07	5,51
Juni	16,10	10,08	6,02	18,75	9,68	9,07
Juli	19,02	12,98	6,04	20,97	12,92	8,05
August	16,31	11,56	4,75	18,73	13,56	5,17
September	19,87	4,27	15,60	17,49	9,68	7,81
October	13,33	3,02	10,31	15,76	4,03	11,73
November	11,19	1,22	9,97	7,98	0,20	7,78
December	10,15	—2,16	12,31	8,35	— 1,90	10,25

Monat	Fort Reliance 1834 Max.	Fort Reliance 1834 Min.	Fort Reliance 1834 Untersch.	Felix Harbour 1832 und 1829 Max.	Felix Harbour 1832 und 1829 Min.	Felix Harbour 1832 und 1829 Untersch.
Januar	—26°,49	—51°,00	24°,51	—22°,22	—43°,88	21°,66
Februar	— 19,76	— 41,99	22,23	— 24,45	— 42,48	18,03
März	— 16,40	— 41,37	24,97	— 20,26	— 44,71	24,45
April	— 11,40	— 34,94	23,54	— —	— —	— —
Mai	— 2,68	— 20,00	17,32	— —	— —	— —
Juni	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Juli	— —	— —	— —	— —	— —	— —
August	— —	— —	— —	— —	— —	— —
September	— —	— —	— —	— —	— —	— —
October	— 16,72	— 29,00	12,28	— 4,44	— 26,66	22,22
November	— 17,95	— 37,37	19,42	— 3,33	— 38,32	34,99
December	— 20,71	— 44,57	23,86	— 22,22	— 38,32	16,10

Digitized by Google

Felix Harbour

Monat	1830 Max.	1830 Min.	1830 Untersch.	1831 Max.	1831 Min.	1831 Untersch.
Januar	—20°,55	—41°,77	21°,22	—16°,92	—50°,81	33°,89
Februar	— 16,97	— 43,88	26,91	— 13,03	— 44,99	31,96
März	— 6,67	— 41,10	34,43	— 22,47	— 46,11	23,64
April	— 0,56	— 29,44	28,88	— 1,11	— 31,66	30,55
Mai	2,78	— 18,33	21,11	2,22	— 26,66	28,88
Juni	16,67	— 3,33	20,00	11,11	— 10,00	21,11
Juli	21,11	0,00	21,11	10,00	0,00	10,00
August	14,44	0,56	13,88	12,23	— 4,44	16,67
September	6,11	— 15,00	21,11	2,22	— 14,44	16,66
October	— 4,44	— 24,45	20,01	— 1,67	— 30,55	28,88
November	— 4,44	— 40,55	36,11	— 6,67	— 41,10	34,43
December	— 14,44	— 43,88	29,44	— 18,88	— 41,10	22,22

Um aus Orten unter mittlerer Breite und zugleich einem westlicher und einem östlicher gelegenen die absoluten monatlichen Schwankungen zu haben, können die durch CRAHAY[1] bekannt gemachten trefflichen Messungen der während eines Zeitraumes von 8 Jahren von 1826 bis 1833 zu Maestricht und die durch SCHMÖGER[2] aus den Regensburger Beobachtungen von 1774 bis 1834 entnommenen monatlichen Maxima und Minima dienen.

Monatliche Oscillationen der Wärme zu Maestricht.

Monate	Maxima	Minima	Unterschied	halbe Summe
Januar . .	7°,61	—14°,03	21°,64	—3°,21
Februar .	12,48	— 11,41	23,89	0,54
März . . .	16,61	— 3,60	20,21	6,51
April . . .	21,85	— 0,74	22,59	10,56
Mai . . .	26,14	3,13	23,01	14,64
Juni . . .	29,04	7,44	21,60	18,24
Juli . . .	31,55	9,88	21,67	20,72
August . .	29,09	8,86	20,23	18,98
September	23,34	3,79	19,55	13,57
October .	20,03	0,59	19,44	10,31
November	13,31	— 4,03	17,34	4,64
December	11,00	— 7,44	18,44	1,78
Jahr	20,17	— 0,63	20,80	9,77

1 Mémoire sur la Météorologie. p. 23.

2 Monatliche Beobachtungen zu Regensburg u. s. w. Nürnb. 1835.

Digitized by Google

Monatliche Oscillationen der Wärme zu Regensburg.

Monat	Maxima	Minima	Unterschied	halbe Summe
Januar . .	5°,73	—14°,28	20°,01	—4°,28
Februar . .	8,62	— 12,00	20,62	— 1,69
März . . .	15,51	— 8,60	24,11	— 3,46
April . . .	22,60	— 1,70	24,30	10,71
Mai . . .	27,17	3,60	23,57	15,38
Juni . . .	29,25	7,05	22,20	18,15
Juli . . .	31,08	7,72	23,36	19,40
August . .	30,42	8,99	21,43	19,70
September	25,92	4,44	21,48	15,18
October .	19,87	— 0,42	20,29	9,72
November	12,72	— 5,77	18,49	3,48
December	7,50	— 11,42	18,92	— 1,96
Jahr	19,69	1,87	21,56	8,93

Der Anblick der Tabellen bestätigt den aufgestellten Satz einer Zunahme der monatlichen Oscillationen unter höheren Breiten, und es würde leicht seyn, einen analytischen Ausdruck hierfür aufzufinden, jedoch scheint mir die Zahl der vorliegenden Orte zu gering, als dafs dieses mit Genauigkeit geschehn könnte. Aufserdem sind die monatlichen Oscillationen im Ganzen im Frühjahre am gröfsten, im Herbste dagegen am geringsten. Auffallend aber ist die Verschiedenheit der Differenzen der einzelnen Monate in verschiedenen Jahren, wie sich sowohl aus der nachfolgenden Tabelle, als auch insbesondere aus den Beobachtungen zu Felix Harbour ergiebt, und leicht für die anderen Orte nachgewiesen werden könnte, wenn hierfür hinlänglich zahlreiche Beobachtungen vorhanden wären. Zum Beweise theile ich die hier in Heidelberg beobachteten monatlichen Oscillationen der letzten 8 Jahre von 1827 bis 1836 mit.

Monat	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835	1836
Januar	20°,7	26°,8	27°,0	18°,0	21°,8	15°,2	16°,8	26°,7
Februar	25,5	36,0	31,3	15,0	16,2	19,5	15,6	16,2
März	18,7	22,0	16,0	18,2	17,5	15,5	11,5	18,8
April	20,4	21,3	19,5	18,1	11,8	20,6	20,0	19,2
Mai	22,0	22,6	21,7	24,5	21,0	20,0	18,0	21,2
Juni	21,2	18,5	17,1	14,3	19,3	20,0	21,2	20,0
Juli	18,0	19,5	13,7	25,0	16,2	16,8	19,2	19,7
August	19,1	20,4	14,5	17,5	10,6	15,6	17,5	15,0
September	18,0	16,2	16,6	13,7	13,2	22,1	15,7	18,8
October	19,3	16,3	17,5	19,5	17,2	21,5	13,7	22,5
November	15,4	18,0	19,7	18,2	15,4	22,3	25,8	16,1
December	18,7	19,2	25,6	16,3	12,8	18,0	26,2	21,4

94) Die monatlichen Mittel kommen zwar der halben Summe aus den monatlichen Maximis und Minimis nahe, man wird aber diese Gröfsen nicht dazu anwenden, um jene zu finden, weil zwar in der Regel die Temperatur allmälig steigt oder auch allmälig sinkt, jenachdem man sich der heifsesten Zeit nähert oder sich davon entfernt; allein die Sprünge sind hierbei noch stärker, als beim täglichen Gange der Wärme, und man erhält daher die monatlichen Mittel nur durch Summirung und Division der täglichen Mittel[1]. Die auf solche Weise gefundenen monatlichen Mittel weichen ferner in verschiedenen Jahren bedeutend von einander ab, so dafs man mehrere Jahre vereinigen mufs, wenn man die genaue mittlere Temperatur eines gegebenen Monates bestimmen will. Kämtz[2] hat gefunden, dafs diese Unterschiede in den Wintermonaten gröfser sind, als in den Sommermonaten. Um hierüber zu entscheiden, mögen abermals die acht Jahre der hiesigen Beobachtungen[3] dienen, von denen ich die monatlichen Mittel zusammenstelle, ohne die von selbst sich zeigenden Differenzen besonders anzugeben.

1 Auffallend hat dieses v. Baer aus den Beobachtungen zu Novaja Semlia nachgewiesen, wobei das wahre Mittel zuweilen um 4° bis 5° C. von dem aus dem Maximum und Minimum gefundenen abweicht. S. Bulletin de la Soc. des Sc. de Petersb. T. II. N. 17.

2 Meteorologie Th. 1. S. 116.

3 Die hier gegebenen Mittel sind aus den Beobachtungen um 9 Uhr Morgens und Abends und um 3 Uhr Nachmittags. Diese vereint geben zwar nicht die eigentliche mittlere Temperatur, sind aber sehr geeignet, die monatlichen Unterschiede in verschiedenen Jahren zu zeigen.

Monat	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835	1836
Jan.	−2°,9	−7°,7	−1°,20	0°,03	−3°,60	5°,17	2°,34	0,57
Febr.	−0,75	−1,45	3,80	2,82	6,72	2,35	4,48	1,80
März	5,63	8,26	7,78	6,06	5,10	6,86	6,46	10,14
April	11,03	12,70	13,45	12,78	9,36	9,26	10,65	10,05
Mai	15,60	16,58	16,02	15,15	20,56	19,23	15,90	14,90
Juni	17,57	18,03	17,90	18,08	20,80	20,44	20,15	19,84
Juli	20,42	21,03	21,36	19,85	18,95	24,36	23,15	21,31
Aug.	17,22	18,62	20,38	20,60	17,01	21,81	20,08	20,89
Sept.	14,50	14,38	15,86	15,60	14,93	18,75	17,11	14,86
Oct.	9,01	10,30	15,32	10,51	10,63	11,27	9,86	11,14
Nov.	2,55	6,85	5,60	4,55	6,00	6,15	2,07	5,66
Dec.	−5,10	1,32	4,25	2,58	6,91	1,90	−0,56	3,40

Die gröfsten Unterschiede in diesen 8 Jahren betragen im

Januar	12°,87	Mai	5°,66	September	4°,25
Februar	8,17	Juni	3,23	October	6,31
März	5,04	Juli	5,41	November	4,78
April	3,40	August	3,59	December	12,01

sind also überwiegend grofs in den drei Wintermonaten. Um noch einige Beobachtungen aus verschiedenen Orten in dieser Beziehung zu prüfen, wähle ich die zweijährigen von Dr. Kriel zu Batavia unter 6° 9′ 15″ S. B., vierjährige von 1816 bis 1819 zu Williamstown[1] unter 42° 30′ N. B. und 73° W. L. von G. in 1000 Fufs Höhe und die zweijährigen von 1830 und 1831 von Ross in Felix Harbour unter 7 ° N. B. und 91° 53′ W. L. von G.

Monat	Batavia. 1758	1759	Williamstown. 1816	1817	1818	1819	Felix Harbour. 1830	1831
Januar	26°,11	25°,00	−6°,12	−6°,23	−6°,53	−2°,15	−35°,16	−31°,89
Februar	26,67	25,56	− 3,81	− 9,40	− 9,58	− 2,38	− 34,39	− 35,76
März	26,67	26,11	− 1,48	− 1,92	− 0,44	− 3,62	− 29,16	− 37,05
April	26,11	26,11	5,93	5,91	3,84	5,66	− 17,02	− 21,35
Mai	26,67	26,67	11,57	12,40	11,99	12,94	− 9,29	− 8,90
Juni	25,00	25,56	15,91	15,31	20,27	19,56	2,64	− 0,25
Juli	25,56	- - -	18,14	19,66	21,81	21,28	6,98	3,20
August	26,11	- - -	18,03	19,15	18,48	20,54	4,71	2,50
Septbr.	26,11	- - -	12,79	14,80	13,01	17,78	− 2,55	− 13,16
Octbr.	25,00	- - -	9,12	7,26	8,95	7,95	− 12,48	− 18,46
Novbr.	23,89	- - -	4,09	3,77	4,09	3,45	− 24,15	− 23,87
Decbr.	26,11	- - -	− 2,58	− 2,77	− 5,54	− 3,85	− 29,01	− 33,06

Die Uebersicht zeigt, dafs die monatlichen Unterschiede mit den Breitengraden zunehmen, denn zu Batavia betragen

1 Edinburgh Philos. Journ. N. XII. p. 351.

die gröſsten derselben im Januar und Februar uur 1°,11 und fallen in die Mitte des dortigen Sommers, die zu Williamstown aus 4 Jahren und zu Felix Harbour aus 2 Jahren entnommenen gröſsten monatlichen Unterschiede stelle ich aber zur Vergleichung mit den hier zu Heidelberg gefundenen zusammen, woraus zu folgen scheint, daſs die Differenzen an beiden Orten im Ganzen geringer sind, als sie hier waren. Dieses ist für Nordamerica auffallend, weil dort die Temperatur durch die Richtung der Winde so sehr wechselt, und zu Williamstown muſs daher dieser Einfluſs durch die geringere Breite mehr als compensirt werden.

Monat	Will.t.	Fel. Harb.	Monat	Will.t.	Fel. Harb.
Januar	4°,38	3°,27	Juli	3°,67	3°,78
Februar	7,20	1,37	August	2,51	2,21
März	3,18	7,89	Septbr.	4,99	10,61
April	2,09	4,33	Octbr.	1,86	5,98
Mai	1,37	0,39	Novbr.	0,64	0,28
Juni	4,96	2,89	Decbr.	2,96	4,05

Zur weiteren Vergleichung stelle ich endlich noch die durch Boussingault mitgetheilten Beobachtungen von Hall und Salaza zu Quito unter 13′ 17″ S. B. aus den Jahren von 1825 bis 1828 und die hierbei sich zeigenden gröſsten Unterschiede tabellarisch zusammen, woraus sich ergiebt, wie sehr die Unterschiede der mittleren monatlichen Temperaturen in den verschiedenen Jahren unter niederen Breiten verschwinden, ein Resultat, welches sich auch aus den Messungen zu Batavia sichtbar herausstellt.

Monat	1825	1826	1827	1828	Gröſste Untersch.
Januar	— —	— —	15°,3	14°,4	0°,9
Februar	— —	15°,9	16,5	15,9	0,6
März	— —	15,7	15,2	15,8	0,6
April	— —	15,5	15,2	15,7	0,5
Mai	— —	15,4	— —	16,4	1,0
Juni	— —	14,1	— —	15,9	1,8
Juli	16°,5	— —	13,7	— —	2,8
August	16,7	16,0	15,5	— —	1,2
Septbr.	— —	16,4	16,2	— —	0,2
October	15,1	15,7	15,8	— —	0,7
Novbr.	— —	15,7	15,0	— —	0,7
December	— —	14,8	16,9	— —	2,1

Digitized by Google

e) Jährliche mittlere Temperatur.

95) Die jährliche mittlere Temperatur interessirt die Naturforscher vorzugsweise und ist das endliche Resultat, welches man durch die täglichen Thermometermessungen zu erhalten sich bestrebt. Sie bildet einen entscheidenden Charakter der Orte unter verschiedenen Polhöhen und bedingt die Art der Vegetation mit gleichzeitigem wichtigen Einflusse sowohl auf die thierische Schöpfung im Allgemeinen, als auch auf die Lebensweise der Menschen im Besondern. Man erhält dieselbe durch Vereinigung der gefundenen monatlichen mittleren Temperaturen, indem man annimmt, daſs deren Summe durch die Zahl der Monate dividirt die mittlere Temperatur des Jahres genau gebe. Hieraus folgt, daſs zur Auffindung derselben ganzjährige Beobachtungen erforderlich sind, inzwischen ist so eben gezeigt worden, daſs die mittleren monatlichen Temperaturen, hauptsächlich unter höheren Breiten, nicht unbedeutend verschieden sind, und es fragt sich also, ob gleiche Unterschiede in den mittleren jährlichen vorkommen. Suchen wir die Frage im Allgemeinen zu beantworten, so hat allerdings v. Humboldt[1] aus mehrjährigen Beobachtungen zu Paris und Genf gefolgert, daſs unter mittleren Breiten die jährliche Wärme sich stets fast gleich bleibt, welchem Resultate Kämtz[2] beitritt und darauf den Schluſs baut, daſs schon einjährige Beobachtungen die mittlere Temperatur eines Ortes nahe genau geben, durch Verbindung mehrjähriger aber ein zunehmend mehr genähertes Mittel erhalten werde. So unbezweifelt richtig dieses ist, so geht doch aus den vorhandenen Thatsachen unverkennbar hervor, daſs die mittlere Wärme der einzelnen Jahre an den nämlichen Orten oft bedeutende Unterschiede zeigt, und es lohnt sich daher allerdings der Mühe, diese Frage näher zu untersuchen.

α) Schwankungen der jährlichen mittleren Temperatur.

96) Zuerst bleibt unter niederen Breiten die mittlere Wärme sich fast unausgesetzt gleich und einzelne Abweichungen von dieser Regel gehören zu den seltenen Ausnahmen. Hiernach ist leicht erklärlich, daſs die jährlichen mittleren Temperaturen

---

1 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. III. p. 559.

2 Meteorologie. Th. I. S. 114.

Digitized by Google

in verschiedenen Jahren dort nur unbedeutend von einander abweichen. Zum Beweise können die im vorhergehenden Abschnitte mitgetheilten Temperaturen zu Batavia und Quito dienen. Dieses nämliche Verhalten findet innerhalb der Wendekreise und in geringer Entfernung über diese hinaus noch statt, wie deutlich aus den Beobachtungen zu Rio de Janeiro unter 22° 54′ S. B. hervorgeht, welche Dorta[1] im Jahre 1785 um 10 Uhr Morgens und 10 Uhr Abends angestellt hat, verglichen mit denen von d'Oliveira[2], obgleich die letzteren kein volles Jahr umfassen.

Monat	Dorta	d'Oliv.	Mittel	Monat	Dorta	d'Oliv.	Mittel
Januar	27°,44	27°,39	27°,41	Juli	20°,08	22°,88	21°,48
Febr.	26,37	27,78	27,08	Aug.	22,44	22,52	22,48
März	24,55	26,01	25,28	Sept.	22,22	21,67	21,94
April	24,77	24,02	24,39	Oct.	23,14	- - -	- - -
Mai	22,03	22,03	22,03	Nov.	24,33	- - -	- - -
Juni	20,36	21,47	20,93	Dec.	25,58	- - -	- - -

Das ganzjährige Mittel beträgt nach Dorta 23°,63 C., nach d'Oliveira aus den 9 Monaten 23°,83; die drei (dortigen) Wintermonate Juni, Juli und August geben nach Ersterem 20°,97, nach Letzterem 22°,29, also im Mittel 21°,63, mit so unbedeutenden Unterschieden, daſs hieraus das stete Gleichbleiben der dortigen Temperatur sichtbar hervorgeht. Auf gleiche Weise war nach den Beobachtungen zu Benares[3] unter 25°,5 N. B. die mittlere Temperatur im Jahre 1824 = 25°,2 C., 1825 = 25,72 und 1826 = 25,46 mit einem kaum merklichen Unterschiede, die zu Bancoorah nach Macritchie[4] im Jahre 1827 um 10 Uhr Morgens und Abends im Mittel = 25°,79, im Jahr 1828 aber = 26°,23 mit einem Unterschiede von nicht mehr als 0°,44. Sehr genaue und daher zur Vergleichung vorzüglich geeignete Bestimmungen der mittleren Temperaturen[5] besitzen wir von Funchal auf der Insel Madeira unter 32° 35′ 40″ N. B. Hierfür giebt Kirwan 20°,27 C., v. Humboldt 20°,5 an, nach Heineken war sie im Jahre 1824 =

1 Aus Mem. de Lisboa in v. Humboldt Voy. T. X. p. 428.

2 Biblioth. univ. 1836. p. 372.

3 Philos. Trans. 1828. p. 252.

4 Edinburgh New Philos. Journ. N. XXVI. p. 343.

5 Edinburgh Journ. of Sc. N. XIX. p. 80.

Digitized by Google

20°,11; im Jahre 1825 = 20°,33; im Jahre 1826 = 17°,90; im Jahre 1827 = 18°,66; im Mittel also = 19,25. Nach einer Prüfung der vorhandenen verschiedenen Bestimmungen durch HEBERDEN[1], welcher sich längere Zeit dort aufhielt, rühren die Unterschiede keineswegs ganz von Beobachtungsfehlern her, sondern die dortige Temperatur schwankt in den verschiedenen Jahren zwischen 17°,91 und 20°,27 und kann im Mittel etwa = 19°,16 angenommen werden. Nach den Untersuchungen von FOGGO[2] zeigt sich jedoch, vermuthlich in Folge ungleicher Regenmengen und nicht stets gleich anhaltender Winde, selbst innerhalb der Wendekreise in Ostindien eine merkbare Verschiedenheit der jährlichen mittleren Temperaturen, denn für Madras unter 13° 14′ 31″ N. B. wurde im Jahre 1823 die mittlere Temperatur = 28°,62 gefunden, ROXBURGH aber fand nur 26°,90; für Pondichery unter 11° 55′ 42″ giebt LE GENTIL 29°,44 als mittlere Temperatur an, womit das durch FOGGO gefundene annähernde Resultat von 28°,96 C. sehr genau übereinstimmt, dennoch aber will Letzterer gefunden haben, dafs die mittlere Wärme daselbst sehr variirt. Zu Seringapatam unter 12° 45′ N. B. fand SCARMAN im Jahre 1814 aus Beobachtungen bei Sonnenaufgang und um 3 Uhr Nachmittags im Mittel 25°,58, im Jahre 1816 aber nur 24°,29 mit einem Unterschiede von 1°,29, und ebenso erhielt STEVENSON[3] zu Lima unter 12° 2′ 51″ S. B. für 1805 die mittlere Wärme = 21°,73, für 1810 aber = 20°,56 mit einem für blofs zwei Jahre umfassende Beobachtungen allerdings bedeutenden Unterschiede von 1°,17 C. Unter höheren Breiten kann man zwar im Allgemeinen annehmen, dafs die mittlere jährliche Wärme sich stets ziemlich gleich bleibe, allein die Unterschiede sind doch ungleich bedeutender, als unter niederen, obgleich bei weitem nicht so grofs, als man aus den sehr ungleichen Extremen der Hitze und Kälte anzunehmen sich veranlafst fühlt. Im Ganzen müssen sich daher wohl die heifsen Sommer durch kalte Winter ausgleichen, allein da die Erfahrung gezeigt hat[4], dafs der eine nicht als Prognosticon des andern gelten könne, so mufs

1 Edinburgh Journ. of Sc. New Ser. N. I. p. 40.

2 Edinburgh Journ. of Sc. N. X. p. 249.

3 Reisen in Arauco, Chile, Peru und Columbia. Weim. 1826. S. 99.

4 Vergl. *Meteorologie.* Bd. VI. S. 2077.

Digitized by Google

vielmehr die gewöhnlich statt findende Ausgleichung auf der kurzen Dauer der auffallenden Hitze oder Kälte und der längeren einer der mittleren sich sehr nähernden beruhn. Es läfst sich jedoch leicht zeigen, dafs die Schwankungen der mittleren jährlichen Temperaturen mit den Breiten zunehmen. So berichtet D'HOMBRES-FIRMAS[1], dafs zu Alais unter 44° 7′ N. B. die mittlere Temperatur des Monats Juni 1824 nur 20°,2 betrug, statt dafs ein zwanzigjähriger Durchschnitt 23°,4 gab, das absolute Maximum dieses Jahres erreichte nur 24°, in andern dagegen 30° bis 32° und auch wohl 35°, das absolute Minimum jenes Jahres war = 8°, dagegen 1810 = 12°, 1817 = 11°,25 und 1823 = 13°,5. Zu Wien unter 48° 12′ 36″ N. B. war nach BAUMGARTNER[2] die mittlere Temperatur aus den Jahren 1821 bis 1828 10°,9, das ungewöhnliche Jahr 1829 hatte aber nur 7°,61, das Jahr 1822 für sich allein 12°,11 und 1823 gleichfalls nur 9°,94. Vorzüglich geben die vieljährigen genauen Beobachtungen zu Genf und Paris ein treffliches Mittel zur Beantwortung der vorliegenden Frage[3]. Für Genf unter 46° 12′ N. B. haben wir verschiedene Zusammenstellungen, die das Schwankende der jährlichen mittleren Temperaturen sichtbar vor Augen stellen. H. C. LOMBARD[4] vergleicht dieselbe mit der zu Rolle am Genfer See in den Jahren 1816 bis 1825 gefundenen. Hiernach war sie in Graden der 80theil. Scale:

Jahr	Genf	Rolle	Jahr	Genf	Rolle
1816	7°,09	7°,48	1821	8°,28	8,78
1817	8,11	8,26	1822	8,28	9,70
1818	7,96	9,06	1823	6,50	8,30
1819	8,21	9,08	1824	6,66	8,52
1820	7,63	8,45	1825	7,55	9,08

Hieraus ergiebt sich das Mittel für Genf = 7°,03 R. und für Rolle = 8°,67; sie war aber 1827 am ersteren Orte = 8°,13 R. und im Jahre 1828 = 8°,52, zu Vevay aber in diesen beiden Jahren = 8°,02 und 9°,30 R. Nach den meteorologischen Tabellen war das Mittel aus 37 Jahren zu Genf = 7°,82 R.

1 Biblioth. univ. T. XXVII. p. 187.
2 Wiener Zeitschrift. Th. VI. S. 299. Th. VII. S. 396.
3 Vergl. KÄMTZ Meteorologie. Th. I. S. 114.
4 Biblioth. univ. T. LII. p. 1.

Nach einer andern Angabe in derselben Zeitschrift[1] ist aus einem zehnjährigen Durchschnitte der Jahre 1825 bis 1834 die mittlere Temperatur zu Genf = 7°,85 R., die von 1796 bis 1824 = 8°,06, die der letzten 38 Jahre = 7°,83 R. Mit geringerer Schwankung war die mittlere Temperatur auf dem St. Bernhard nach einem 16jährigen Durchschnitte von 1818 bis 1833 = — 0°,89 R., nach einem zehnjährigen Durchschnitte von 1825 bis 1834 = — 0°,96 R. Für Paris unter 48° 50′ N. B. hat J. M. Bouvard[2] aus 21jährigen Beobachtungen von 1806 bis 1826 die mittlere Temperatur = 10°,81 C. gefunden; die gröfsten Abweichungen hiervon gaben das Jahr 1816 mit 9°,40 und das Jahr 1822 mit 12°,10, woraus ein Unterschied von 2°,70 C. hervorgeht. Zu Brüssel unter 50° 51′ N. B. erhielt Quetelet[3] für 1833 die mittlere Temperatur = 10°,42 und für 1834 = 12°,17 C., so dafs diese beiden Jahre einen Unterschied von 1°,75 geben; es ist aber die mittlere aus vielen Jahren nach Abbé Mann[4] = 10°,05, nach Kickx = 10°,63, nach Crahay = 10°,88. Die Ursache dieser nicht unbedeutenden Unterschiede ist ohne Zweifel darin zu suchen, dafs die allerdings häufigern warmen Sommer und gelinden Winter, wie 1807, 1811, 1819, 1822 und 1834 gegen die früheren Jahre, in denen hauptsächlich nur 1783 wegen seiner Hitze bekannt ist, die mittlere Temperatur der letzteren Jahre gegen die früheren etwas gehoben hat. Hier zu Heidelberg unter 49° 24′ N. B. geben die Beobachtungen um 9 Uhr Morgens und Abends nebst den um 2,5 Uhr Nachmittags von 1821 bis 1836 im Mittel 11°,05 und das Maximum im Jahre 1834 = 12°,5, das Minimum aber im Jahre 1829 = 8°,76, woraus ein Unterschied von 3°,74 hervorgeht. Aus der Zusammenstellung der Regensburger Beobachtungen durch Schmöger[5] von 1774 bis 1834 ergeben sich die drei gröfsten Maxima der jährlichen mittleren Temperaturen im Jahre 1778 = 10°,34, im Jahre 1795 = 10°,41 und im Jahre 1834 = 10°,35 C.; die drei Minima aber in den Jahren 1785,

---

1 Biblioth. univ. 1835. Avril. p. 408.

2 Mém. de l'Acad. l'Instit. de France. T. VII. p. 327.

3 Bulletin de la Soc. R. de Bruxelles. 1835. T. II. p. 48.

4 Ebendaselbst p. 355.

5 Meteorologische Beobachtungen von Regensburg. 1. Hft. Nürnberg 1835.

1815 und 1829 = 6°,77; 6°,36 und 6°,40, so dafs der Unterschied fast 4° und darüber beträgt.

Der auffallend grofse Unterschied ist ohne Zweifel mindestens gröfstentheils eine Folge der bedeutenden Menge von Jahren, die hierbei verglichen worden sind, denn während der 12 Jahre, welche Egen's[1] Beobachtungen zu Elberfeld umfassen, war die mittlere Temperatur im Jahre 1822 am gröfsten = 11°,0937 und 1820 am geringsten = 8°,387 mit einem Unterschiede = 2°,7067. Beide Extreme geben im Mittel 9°,74, welches vom eigentlichen Mittel aus allen 12 Jahren = 10°,0256 noch um 0°,2856 abweicht. Vergleichen wir dagegen die mittleren Temperaturen zu Berlin vom Jahre 1756 bis zum Jahre 1827, wie sie aus Mädler's[2] Zusammenstellung hervorgehen, so giebt das Jahr 1756 das Maximum = 11°,71 und das Jahr 1799 das Minimum = 6°,56 mit einem Unterschiede von 5°,15. Fehlte hierbei das erste Jahr 1756, so gäbe das Jahr 1761 das Maximum = 11°,02 und der Unterschied betrüge nur 4°,46. Nach Hertzberg's Beobachtungen zu Malmanger unter 59° 58′ N. B. in 64 F. Meereshöhe von 1798 bis 1807 und zu Ullenschwang unter 60° 19′ N. B. in 32 F. Höhe von 1807 bis 1827 waren dort bei einer mittleren Temperatur von 6°,35 die Extreme im Jahre 1802 = 6°,06 und 1812 = 9°,62, welches einen Unterschied von 3°,56 giebt. Da für beide Orte lange Reihen von Beobachtungen zum Grunde liegen, so läfst sich aus der Gleichheit der ganzjährigen Oscillationen schliefsen, dafs diese unter mittleren und etwas höheren Breiten wenig von einander abweichen. Nehmen wir noch zwei Orte unter gleicher Breite mit dem letzteren und unter einer noch höheren, so ergiebt sich auch daraus die Bestätigung dieses Satzes. Zu Upsala unter 59° 52′ N. B. ist aus den Jahren 1776 bis 1787 die mittlere Temperatur = 4°,998, die höchste aber war im Jahre 1779 von 7°,36 und die niedrigste im Jahre 1784 von 3°,54 mit einem Unterschiede von 3°,82 C., zu Uleäborg unter 63° 3′ N. B. aber war aus denselben Jahren die mittlere = — 1°,16 und schwankte zwischen dem Maximum = 1°,9 im Jahre 1787 und dem Minimum = — 3°,4 im Jahre

1 Berghaus Annalen der Erd-, Völker- und Staaten-Kunde. Th. V. S. 327.

2 Hertha, Zeitschrift für Erd-, Völker- und Staaten-Kunde. Th. XI. S. 442.

Digitized by Google

1780, wobei der Unterschied sogar 5°,3 beträgt, so daſs hieraus wohl eine Zunahme der Oscillationen der jährlichen mittleren Temperaturen mit zunehmenden Breiten gefolgert werden könnte. Noch auffallender aber ist, daſs an diesen beiden Orten das Mittel aus den ersten 6 Jahren zu Upsala 5°,54 und zu Uleäborg — 2,15, aus den letzten 6 Jahren dagegen am ersten Orte 4°,456, am letzteren — 0,183 beträgt[1]. Selbst mehrjährige Mittel können daher vom eigentlichen Mittel aus vielen Jahren nicht unbedeutend abweichen. Mädler[2] findet aus der Uebersicht der zu Berlin von 1756 bis 1827 angestellten Thermometerbeobachtungen, daſs der Grund der gröſseren oder geringeren Mitteltemperatur fast allezeit in einer ausgezeichneten Wärme oder Kälte einer einzelnen Jahreszeit gegründet ist, wogegen eine allgemeine, über das ganze Jahr verbreitete Vermehrung oder Verminderung der Wärme unter die Seltenheiten gehört. Jene Abnormitäten folgen aber nicht ganz selten mehrere Jahre nach einander und können daher die Mitteltemperatur einige Jahre anhaltend leicht vermehren oder vermindern. Ob diese Sätze auch auf Orte unter abweichenden Breiten und Längen anwendbar sind, kann bloſs vermuthet werden; zur definitiven Entscheidung fehlen die geeigneten Beobachtungen.

In Nordamerica scheinen die Schwankungen der jährlichen mittleren Temperaturen noch bedeutender zu seyn. Zu Natchez im Mississippi unter 31° 34′ N. B. war nach Andrew Ellicot[3] die Temperatur im Jahre 1800 nur 17°,91, im Jahre 1801 aber = 19°,31 und im Jahre 1803 wieder = 19°,25, die letzteren beiden Gröſsen wenig verschieden, allein die ersten beiden bieten doch den nicht unbeträchtlichen Unterschied von 1°,40 C. dar. Zu Marietta unter 39° 25′ N. B. fand Hildreth[4] die mittlere jährliche Wärme im Jahre 1828 = 12°,88 C., 1829 = 11°,32 und 1830 = 12°,73, welche Bestimmungen einen Unterschied von 1°,56 geben, im Jahre 1831 betrug sie[5] nur 10°,47 mit einer noch gröſseren Differenz von 2°,41 C. Aus Williamstown unter 42° 30′ N. B. und 1000 Fuſs über

1 S. L. v. Buch in G. XLI. 45.
2 A. a. O. Hertha Th. XI. S. 437.
3 American Philos. Trans. T. VI. p. 28.
4 Sillimann Amer. Journ. of Sc. T. XX. p. 126.
5 Ebendaselbst T. XXII. p. 109.

der Meeresfläche geben vierjährige genaue Beobachtungen von 1816 bis 1819 folgende mittlere Temperaturen[1]: 6°,86, 6°,55, 6 ,77 und 8°,12, mithin als gröfsten Unterschied 1°,57. Zu Fayetteville unter 42° 58′ N. B. erhielt MARTIN FIELD[2] in den zwei Jahren 1829 bis 1831 zwar genau übereinstimmend 6°,78, allein das Jahr 1831 auf 1832 gab nur 6°,33, mithin zeigte sich in diesem kurzen Zeitraume doch schon ein Unterschied von 0°,45. Aus Montreal in Ober-Canada unter 45° 31′ N. B. haben wir sehr genaue Bestimmungen von ARCHIBALD HALL[3] aus Beobachtungen um 7 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags vom Jahre 1826 bis 1835, aus denen die Schwankungen der jährlichen Mittel sichtbar hervorgehn, weswegen ich sie übersichtlich zusammenstelle. Die mittlere Wärme aus den 10 Jahren betrug 7°,6, es waren aber die jährlichen Mittel und ihre Abweichungen vom allgemeinen Mittel folgende.

Jahr	Mittel	Untersch.	Jahr	Mittel	Untersch.
1826	8°,83	+1°,23	1831	8°,22	+0°,62
1827	7,05	— 0,55	1832	7,05	— 0,55
1828	8,49	+ 0,89	1833	7,11	— 0,49
1829	7,78	+ 0,18	1834	7,22	— 0,38
1830	8,77	+ 1,17	1835	5,56	— 2,04

Hier beträgt die gröfste Abweichung vom Mittel 2°,04, die gröfste Differenz zweier Jahre 3°,27, und zugleich folgen 4 Jahre mit geringeren Wärmen und 3 Jahre mit gröfseren auf einander, so dafs offenbar die mittlere ziemlich fehlerhaft aus der einen oder der andern dieser Reihen bestimmt werden würde. Aus Felix Harbour unter 70° N. B. haben wir Beobachtungen von zwei auf einander folgenden Jahren und diese geben für 1830 im Mittel — 15°,07 und für 1831 — 16°,42, also mit einem Unterschiede von 1°,35, wonach zu vermuthen steht, dafs länger anhaltende Beobachtungen noch gröfsere Differenzen zeigen würden. Wenn also bei mittleren Temperaturen von etwa 5° bis 12° C. einzelne Jahre Unterschiede von 1°,5 bis fast 4° geben, so müssen wir wohl zugestehen, dafs nur durch günstigen Zufall ein einzelnes Jahr hinreichen wird, um diese

1 Edinburgh Phil. Journ. T. XII. p. 351.
2 Sillimann Amer. Journ. T. XVIII. p. 366. T. XXII. p. 298.
3 Edinburgh Philos. Journ. N. XLII. p. 236.

Digitized by Google

wichtige Bestimmung mit der erforderlichen Genauigkeit zu erhalten, da die Unterschiede vom Mittel nach den hier gefundenen gröfsten Abweichungen von 0°,75 bis fast 2° betragen können.

β) Kälte der südlichen Halbkugel.

97) Ohne hier schon auf die Untersuchung der Bedingungen einzugehn, von denen die jährliche mittlere Temperatur der verschiedenen Orte der Erde abhängt, dürfen wir im Allgemeinen als bekannt voraussetzen, dafs wohl nicht blofs hauptsächlich, sondern fast ausschliefslich der Stand der Sonne als wirkende Ursache anzusehn ist, indem sonstige Einflüsse meistens nur local sind, und dafs diesemnach die mittlere Temperatur der Orte fast allein durch die Polhöhe bedingt werde. Hiernach müfsten ferner beide Hemisphären unter gleichen Breiten gleiche Wärme haben, allein insbesondere seit Cook's[1] Erfahrungen über das Herabgehn des Polar-Eises der südlichen Halbkugel bis zu mittleren Breiten hielt man die letztere für ungleich kälter, als die nördliche[2], und fand die Ursache dieser Ungleichheit theils in dem kürzeren Sommer der südlichen Halbkugel, sofern die Sonne vermöge ihrer elliptischen Bahn sich ungefähr 8 Tage länger in ihrer nördlichen Abweichung befindet, oder umgekehrt in dem längeren Winter derselben, während dessen die Erde dort nach Prévost[3] mehr Wärme ausstrahlen soll, theils in der ungleichen Beschaffenheit ihrer Oberfläche, welche, gröfstentheils mit Wasser bedeckt, eine geringere Menge von Sonnenstrahlen absorbiren und in Wärme umwandeln soll. Der letzteren Ansicht ist

---

1 Die Idee einer gröfseren Kälte der südlichen Halbkugel verbreitete sich schon früh durch die Vergleichung der hohen Breitengrade, wohin Schiffer gelangten, mit der rauhen Temperatur, die in der Magellans-Strafse gefunden worden war. Mairan in Théorie de la Terre T. I. und Buffon in Mém. de l'Acad. 1765 erklärten sich aus theoretischen Gründen dagegen, Aepinus in: de Distributione caloris 1761 vertheidigte sie abermals, Le Gentil Voyage dans l'Inde T. I. und Kirwan in Irish Transactions T. VIII. stellten die Thatsache des so hoch heraufkommenden Eises wieder in Abrede.

2 Vergl. Art. *Erde* Bd. III. S. 996. Von dieser gröfseren Kälte handelt auch Simonoff in Corresp. Astr. T. XIV. N 3. Daraus in Bibl. univ. T. XXXI. p. 296.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. LX. p. 303.

Digitized by Google

neuerdings auch Poisson[1], weil die kürzere Dauer des südlichen Sommers durch die gröfsere Nähe der Sonne ausgeglichen wird, wie zuerst Lambert[2] andeutete. Die Ursache der Annahme einer solchen, factisch nicht vorhandenen, Ungleichheit lag jedoch blofs darin, dafs man die Temperatur der nördlichen Halbkugel nach derjenigen Wärme bestimmte, die an der Westküste Europa's bis über Spitzbergen hinaus herrscht und nicht als Regel, sondern nur als Ausnahme gelten kann[3]. Man wufste auch bereits seit längerer Zeit, dafs die Ungleichheit der Temperaturen beider Halbkugeln erst unter höheren Breiten beginne, wie unzweifelhafte Messungen beurkunden. So erzählt James Prior[4], dafs auf den Sechellen, den kleinen Inseln unter 4° S. B., die Wärme im Ganzen gleichbleibender ist, wie überall auf den Inseln der äquatorischen Zone, und daher selten über 30° C. steigt, und Kotzebue[5] bezeugt, dafs im stillen Ocean unter 15° 15′ S. B. im März, also um die Zeit der dortigen Herbstnachtgleiche, das Thermometer nicht unter 30° C. herabging. Auf Mauritius (Isle de France) unter 20° 9′ 45″ S. B. zeigte das Thermometer im December, dem dortigen Sommer, im Schatten auf dem Schiffe nach James Prior[6] 26° bis 30°,56 C. auf dem Lande aber noch gegen 2° mehr. Die Temperatur des Caps der guten Hoffnung, unter 33° 56′ S. B., so wie der dortigen Colonieen kennen wir aus den neuesten Messungen ziemlich vollständig und es wird hiervon später ausführlicher die Rede seyn, weswegen hier genügt zu bemerken, dafs sie genau mit der unter gleichen Graden N. B. übereinkommt; dennoch aber wird glaubhaft versichert[7], dafs unter 39° 45′ S. B. eine grofse Menge Treibeis das Meer bedeckt habe, wodurch ein Schiff bedeutend beschädigt wurde, namentlich war dieses im Jahre 1829 der Fall[8]. Dagegen versichert Simonoff[9] auf Neuseeland

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LIX. p. 101.
2 Pyrometrie. S. 310. §. 588.
3 Vergl. de la Rive und Poggendorff in des Letzteren Ann. d. Phys. Th. XXXIX. S. 66.
4 Beschr. einer Reise in d. Indischen Meeren. Weim. 1819. S. 109.
5 Neue Reise um die Welt. Weim. 1830. S. 61.
6 A. a. O. S. 109.
7 Edinburgh New Philos. Journ. N. XV. p. 193.
8 Ann. de Chim. et Phys. T. XLII. p. 418.
9 Biblioth. univ. T. XXXI. p. 296.

Digitized by Google

unter 41° S. B. eine milde Temperatur gefunden zu haben, indem die Menschen mitten im Winter fast unbekleidet waren und das Thermometer 20° C. zeigte. Auf der Insel Macquarie sah derselbe eine Art Papageien, die sicher keinen hohen Grad der Kälte aushalten und dennoch das ganze Jahr hindurch sich dort aufhalten. Peron[1] bemerkt, dafs bei den Decres-Inseln unter 35° 30′ S. B. die Wärme im Januar, dem dortigen Sommer, meistens 23°,37 betrug, an einigen Tagen aber, mindestens auf den Inseln selbst, 34°,35 C. erreichte, was nicht weniger ist, als unter gleichen Graden nördlich vom Aequator angetroffen wird; auf der King-Insel bei Neuholland aber unter 39° 50′ S. B. stieg im December das Thermometer selten über 18°,75 C., worin man dort schon die geringere Wärme der südlichen Halbkugel wahrnehmen dürfte, wenn sie sich unter gleichen Breiten allgemein so zeigte. Von der Insel Neu-Georgia unter 54° 30′ S. B. erzählt Forster[2], dafs ihre Berge selbst im Sommer mit Schnee bedeckt sind, welcher bis zum Meeresstrande herabreicht, und dafs sie nur an einigen Stellen durch die Sonnenstrahlen entblöfst werden, wogegen jedoch Weddel[3] behauptet, Grasbüsche bis zu zwei Fufs Höhe und selbst auf Neuschottland zwischen 61° und 63° S. B. noch Gras und ein dem isländischen ähnliches Moos gefunden zu haben. Vergleicht man dieses mit dem, was Norwegens und Schwedens Küsten unter gleichen nördlichen Breiten zeigen, so wird die gröfsere Kälte der südlichen Halbkugel dadurch allerdings minder zweifelhaft. Simonoff[4] berichtet, dafs er im December, dem dortigen Sommer, die Insel Neu-Georgien mit Schnee bedeckt und ihre Buchten mit Eis erfüllt gefunden habe, auch stieg das Thermometer nie über 5° C. und unter 64° S. B. kam die Temperatur im Sommer nie über 0° C., statt dafs man unter gleicher nördlicher Breite die blühende Stadt Archangel findet. Vorzüglich ist das Feuerland und die Magellans-Strafse zwischen 53° bis 56° N. B. durch Cook und Forster als stets winterlich, mit Schnee bedeckt und der Vegetation fast ganz beraubt geschildert worden, wogegen

1 Dessen Reise von Freycinet. Weim. 1819. Th. II. S. 122 u. 14.
2 Bemerkungen. S. 145.
3 A Voyage towards the South-Pole ect. Lond. 1825.
4 A. a. O. p. 297.

Digitized by Google

jedoch Banks und Byron versichern[1], ebendaselbst einen üppigen Baumwuchs gefunden zu haben. Hiermit übereinstimmend schreibt ein See-Offizier[2], die angenommene Kälte der südlichen Halbkugel sey eine Fabel; denn zu Cap Horn unter 56° S. B. sey die Vegetation im Mai, dem dortigen November, in voller Kraft gewesen und nur wenig Schnee habe sich in niedrigen Gegenden gefunden. Inzwischen sey es dort stets regnerisch und windig, der Sommer wenig heifs, aber der Winter von nicht intensiver Kälte.

Kaum scheint es möglich, diese widersprechenden Angaben zu vereinigen. Am leichtesten dürfte dieses noch seyn rücksichtlich des Feuerlandes, dessen mittlere Temperatur allerdings die Vegetation der härteren Baumarten gestatten mag, obgleich das Klima dort höchst rauh und unfreundlich ist. Hierüber giebt A. de Cordova[3] Auskunft, indem er sagt, dafs in der Magellans-Strafse selbst im hohen Sommer die Wärme nicht über 7° bis 8° steigt und zuweilen sogar bis zum Gefrierpuncte des Wassers herabsinkt, wobei kaum ein Tag ohne Regen vergeht und Stürme beständig herrschen, welche aus Westen wehend die Durchfahrt von Nord und von Ost her sehr erschweren. Die Temperatur des dortigen Winters kennt man nicht, vermuthlich aber ist sie verhältnifsmäfsig wegen der Nähe des Meeres nicht so niedrig, als für Continente ein solcher Sommer erwarten liefse. Höchst auffallend aber müfste es seyn, die älteren Nachrichten von der Höhe, bis zu welcher die Massen des südlichen Polareises nach dem Aequator zu heraufkommen sollen, auch neuerdings bestätigt zu finden, wenn nicht James Horsburgh[4] über dieses seltsame Phänomen genügende Auskunft gäbe, indem er zeigt, dafs die Fälle dieser Art zu den seltenen, auch auf der nördlichen Halbkugel vorkommenden Ausnahmen gehören. Seit fast einem halben Jahrhundert begegnete kein Schiff der Ostindienfahrer einem Eisberge, obgleich so viele derselben die Parallele von 40° bis 42° S. B. erreichten, allein am 7. April 1828 passirte das französische Schiff Harmonie, von Calcutta kommend, unter 35° 50′ S. B. und

1 Hawkesworth Geschichte der Seereisen. Th. I. S. 52. Th. II. S. 48. bei Kämtz Met. II. 125.

2 Edinburgh New Philos. Journ. N. XV. p. 191.

3 Reise nach der Magellans-Strafse. Weim. 1820. S. 90.

4 Philosoph. Trans. 1830. p. 117.

18° 5′ W. L. von Gr. durch einige Eisberge, deren einer 100 Fufs über das Wasser emporragte, und ebenso wurden am 28. desselben Monats vom holländischen Schiffe Elisa unter 37° 31′ S. B. und 18° 17′ W. L. v. G. Eisberge gesehn, deren Spitzen 250 bis 300 Fufs über das Wasser emporzuragen schienen. Abermals am 20. April 1829 traf der Ostindienfahrer Farquharson unter 39° 13′ S. B. und 48° 46′ W. L. v. G. einen grofsen Eisberg, dessen Höhe über dem Wasser 150 engl. Fufs gemessen wurde. Vorher scheinen keine Eisberge in solcher Entfernung vom Pole gesehn worden zu seyn, denn es wird blofs erwähnt, dafs am 24. Decbr. 1789 unter 44° 10′ S. B. und 44° 25′ östl. L. deren angetroffen wurden, weswegen man annahm, das Polareis gelange auf beiden Hemisphären ausnahmsweise bis etwa 40° vom Pole. Auffallend ist hierbei, dafs in den beiden erst genannten Jahren die Eisberge stets im April gesehn wurden, woraus man nach Horsburgh schliefsen sollte, dafs sie auf der nördlichen Halbkugel in dem correspondirenden Monate October sich am weitesten vom Pole entfernen müfsten, allein es ist sonderbar, dafs sie auch hier im Monat April und Mai gesehn wurden. So sah am 14. April 1817 das Schiff Minerva auf seiner Fahrt von Newyork nach Liverpool unter 42° 47′ N. B. und 47° W. L. vier grofse Eisberge, am 7. Mai 1823 stiefs ein Schiff auf seiner Fahrt von Liverpool nach Neufundland auf einen Eisberg, jedoch ist die geographische Lage des Ortes nicht angegeben, am 14. Mai 1814 aber stiefs eine nach Quebeck segelnde Schiff-Abtheilung unter 44° 18′ N. B. und 50° 50′ W. L. v. G. auf nicht weniger als 20 *Eisberge*, deren einige 80 Fufs aus dem Wasser emporragten, und passirte am Nachmittage ein *Eisfeld* von 20 engl. Meilen Ausdehnung und stellenweise 30 Fufs über die Wasserfläche emporragend. Wenn Horsburgh nach diesen Thatsachen auf die Anwesenheit eines Landes unter dem südlichen Polarkreise und auf ein ungewöhnliches Naturereignifs, als etwa ein Erdbeben, schliefst, welches diese Massen gegen die gewöhnliche Regel losgerissen haben müsse, so glaube ich diesen Hypothesen nicht beipflichten zu können, vermuthe vielmehr, dafs eine geeignete Witterungsdisposition, namentlich häufige Regen und Schneefälle, die bereits schwimmenden Eismassen ungewöhnlich vergröfsert und dafs eine durch gewisse Windrichtungen bestimmte schnelle Strömung sie an die genannten Orte geführt

habe[1]. Im Ganzen führen diese Thatsachen zu der Folgerung, dafs die mittlere Temperatur der beiden Hemisphären so ungleich nicht sey, als man bisher aus der Entfernung des Polareises vom Südpole schliefsen wollte, und überhaupt ergiebt sich aus den neueren Untersuchungen, dafs ein solcher absoluter Unterschied nicht statt finde. Früher fand man den Beweis für denselben hauptsächlich in den Erfahrungen, dafs die Schiffer ohne Schwierigkeit alljährlich die Küsten Spitzbergens erreichen, ja sogar bis über den 80sten Breitengrad hinaus gelangen können und dafs die Vegetation an den skandinavischen Küsten bis zum 70sten Breitengrade reicht, statt dafs Cook auf der südlichen Halbkugel nicht über den 71sten und Weddel nicht über den 74sten Breitengrad hinausgelangen konnten, allein auch v. Kotzebue kam jenseit der Behringsstrafse nicht über den 67sten Breitengrad hinaus, Parry gelangte wohl nur durch Zufall im americanischen Polarmeere bis über den 74sten Grad hinaus und Ross blieb schon unter 70° N. B. unlösbar im Eise stecken. Die Wärme des Meeres um Island und Spitzbergen ist daher als Ausnahme von der Regel zu betrachten, die durch später zu erörternde Ursachen herbeigeführt wird[2].

γ) Jahreszeiten.

98) Da die Wärme der Orte vorzugsweise von der Einwirkung der Sonnenstrahlen herrührt, die Schiefe der Ekliptik aber eine nach den Polen hin wachsende Ungleichheit der Tageslängen verursacht, so mufs hierdurch eine in verschiedenen Theilen des Jahres ungleiche Wärmeproduction bedingt werden, worauf die bekannte Abtheilung des Winters und Sommers, so wie der vier Jahreszeiten beruht. Aufser dieser allgemeinen Ursache giebt es aber noch verschiedene und zwar sehr zahlreiche, welche den Gang der Temperatur bedingen. Nach Lampadius[3] kann unterschieden werden 1) der immerwährende, nur durch eine oder zwei Regenzeiten unterbro-

---

1 Vergl. *Meer*, Gefrieren desselben. d. VI. BS. 1690.

2 Vergl. oben Bodentemperatur. §. 56.

3 Systematischer Grundrifs der Atmosphärologie. Freiberg 1806. 8. S. 225.

Digitized by Google

chene Sommer unter dem Aequator; 2) ein Wechsel zwischen Frühling und Sommer in der Nähe der Wendekreise; 3) die vier Jahreszeiten vom 30sten bis 60sten Breitengrade; 4) der Wechsel zwischen Sommer und Winter zwischen dem 60sten und 75sten Breitengrade; 5) immerwährender Winter in der Nähe der Pole. Allein ungeachtet ein solcher Unterschied für einige Gegenden namentlich unter dem Meridiane, welcher über den atlantischen Ocean an der Westküste des alten Continentes hinläuft, statt finden mag, wenn man den allerdings bestehenden Unterschied der jährlichen Temperaturen unter dem 80sten Breitengrade nicht berücksichtigt, so ist dennoch eine solche allgemeine Regel keineswegs thatsächlich begründet. Allerdings sind die Unterschiede der jährlichen Temperaturen in der äquatorischen Zone hauptsächlich auf der See, auf Inseln und Küstenländern nur gering, denn namentlich zu Cumana unter 10° 17′ N. B. beträgt die mittlere Temperatur 27°,5 und die höchste nur 3° mehr; in Havana betragen beide 25°,6 und 7°,7; in Natchez unter 31° 34′ N. B. 18°,2 und 16°,2 und zu Philadelphia unter 40° N. B. sogar 11°,9 und 24°,6, wonach also die Unterschiede mit den Graden der Breite augenfällig wachsen; ja es scheint auch in der That, als ob sie vom Polarkreise an wieder abnehmen, obgleich hierüber nicht hinlängliche Messungen vorhanden sind; allein dennoch wird die Allgemeinheit dieser Regel durch die Zahl und Größe der Ausnahmen zu sehr beschränkt. Wucherer[1] schlägt vor, einen natürlichen Sommer vom 6ten Mai bis 22sten September und einen natürlichen Winter vom 2ten November bis 21sten März, jeden von 140 Tagen, und dazwischen Frühling von 45 und Herbst von 40 Tagen anzunehmen, allein hierin liegt zu viel Willkürliches und nicht allgemein Anwendbares, als daß diese Eintheilung Beifall finden könnte. Allerdings stellen sich die Abtheilungen in gewisse Jahreszeiten nicht für alle Gegenden der Erdoberfläche gleichmäßig heraus, im Ganzen ist jedoch jetzt die übliche Abtheilung, wonach December, Januar und Februar den Winter, März, April und Mai den Frühling, Juni, Juli und August den Sommer, September, October und November den Herbst

---

1 Die Sommertemperatur zu Karlsruhe, nach zwanzigjährigen Beobachtungen u. s. w. Karlsr. 1822. 4. S. 52.

bilden, für den gröfsten Theil der bewohnten Erdoberfläche mit dem wirklichen Gange der Temperatur am meisten übereinkommend und Kämtz[1] hat auch aus der Beschaffenheit der Curven, die den jährlichen Gang der Wärme unter den verschiedensten Breiten ausdrücken, genügend nachgewiesen, dafs diese Eintheilung der Natur der Sache am angemessensten ist.

Obgleich aber die Art der Krümmung dieser Curve der jährlichen Wärme überall im Allgemeinen gleich ist, wie wir später sehn werden, so ist doch die Gröfse ihrer Krümmung unter verschiedenen Breitengraden und, selbst wenn diese gleich sind, unter verschiedenen Längengraden bedeutend verschieden. Um dieses durch einige Thatsachen zu beweisen, erwähne ich vor allen Dingen, dafs nach v. Humboldt[2] die Linie des geringsten Unterschiedes zwischen Winter und Sommer mit dem Meridiane des Mont-Blanc zusammenfällt, indem östlich von dieser Grenze die Sommer heifser und die Winter kälter werden, überhaupt aber die westlichen Theile aller grofsen Continente wärmer sind als die östlichen und die Unterschiede zwischen Winter und Sommer sich daher auf beiden Seiten von dieser Linie bedeutender herausstellen. Zu Newyork unter 40° 43′ N. B. ist der Sommer wie in Rom, der Winter wie in Kopenhagen; zu Quebeck unter 46° 48′ N. B. der Sommer wie zu Paris, der Winter wie zu Petersburg; zu Peking unter 39° 54′ N. B. der Sommer wie zu Paris, der Winter wie zu Upsala. Allerdings fällt fast jeder Unterschied der Jahreszeiten in der Nähe des Aequators, insbesondere auf den Inseln und in den Küstenländern weg, inzwischen fängt doch selbst auf Trinidad, Tabago und der Umgegend zwischen 10° und 12° N. B. die merklich gröfsere Hitze im Mai an, erreicht Ende Juni den höchsten Grad und dauert bis October[3]; zu Seringapatam unter 12° 45′ N. B. in 2412 engl. Fufs Höhe war nach Foggo[4] die mittlere Temperatur, die Jahreszeiten nach der obigen Bestimmung angenommen,

1814	Winter	24°,00;	Frühling	29°,21;	Sommer	24°,56;	Herbst	25°,17
1816	—	21,84	—	27,82	—	24,35	—	23,69

1 Meteorologie. Th. I. S. 129.

2 Schön Witterungskunde. S. 69.

3 Dauxion Lavayssé Reise nach Trinidad, Tabago u. d. Margarethen. Ueb. v. Zimmermann. Weim. 1816. S. 58.

4 Edinburgh Journ. of Science. N. X. p. 252.

Digitized by Google

mit nicht bedeutenden Unterschieden; zu Deihbid dagegen, unter fast 31° N. B. zwischen Ispahan und Persepolis, ist wahrscheinlich wegen des Einflusses der nahen Gebirge und der unbekannten, aber gewiſs etliche tausend Fuſs betragenden Höhe der Gegend der Winter nach Morier[1] so rauh, daſs die nahen Berge oft wochenlang mit Schnee bedeckt sind und die Reisenden zuweilen 40 Tage lang durch den Schnee aufgehalten werden. Nach v. Humboldt[2] beträgt der Unterschied zwischen den Temperaturen des heiſsesten und des kältesten Monats zu Lissabon unter 38° 43′ N. B. bei 36 T. Höhe 11°,56; zu Madrid unter 40° 24′ N. B. bei 340 T. Höhe 19°,7 und zu Rom unter 41° 54′ N. B. bei 21 T. Höhe 19°,5.

99) Bleiben einzelne Anomalieen unberücksichtigt, wovon später einige auffallende Beispiele beigebracht werden sollen, so dürfen wir annehmen, daſs in den Gegenden, welche nach v. Humboldt zur Linie des geringsten Unterschiedes zwischen Winter und Sommer gehören, die angegebenen Jahreszeiten am meisten mit gleichmäſsigem Wechsel und von ungefähr gleichmäſsiger Dauer hervortreten. Weiter östlich von dieser Linie, schon in Oesterreich, Schlesien, Polen, Ungarn bis nach Ruſsland hin, dehnt sich der Winter mehr in den Frühling aus, der Sommer mehr in den Herbst, und man könnte geneigt seyn, das Jahr in zwei Abtheilungen zu theilen, Winter und Sommer, wobei dann mit zunehmender geographischer Breite die Dauer des Winters gröſser wird als die des Sommers[3]. Der geringere Unterschied zwischen Winter und Sommer zeigt sich dagegen auffallend in England und Schottland, wo die Schafe den ganzen Winter im Freien bleiben und manche Gewächse ausdauern, die zwischen dem 48sten bis 50sten Breitengrade des Treibhauses bedürfen, ungeachtet die bis an diese Parallele reichenden Nuſsbäume, Kastanien und Weinreben dort nicht gedeihen. Selbst auf den Faröer-Inseln unter 61° 26′ bis 62° 25′ N. B. und 6° 7′ bis 7° 43′ W. L. ist der Unterschied zwischen Winter und Sommer nicht

1 Dessen Reisen. Weimar 1814. S. 99.

2 Hertha. Th. IV. S. 21.

3 Am auffallendsten zeigt sich dieses unter dem Meridiane von Jakuzk. S. §. 115.

Digitized by Google

grofs, denn Trevelyan[1] fand im Mittel aus zwei- und meistens vierjährigen Beobachtungen die mittlere Temperatur des Winters = 3°,91, des Frühlings = 8°,23, des Sommers = 12°,57 und des Herbstes = 6°,88 C. Zu Pyschminsk[2] im Ural dagegen unter 57° N. B. fängt der Frühling im Mai an, denn z. B. im Jahre 1790 wurden dort die Kohlarten am 16ten Mai gesät, am 11ten Juni schon geblättert, die Gurken blühten am 25sten Juni und waren am 13ten Juli schon reif. Die hohe Sommertemperatur, welche in Ungarn den feurigen Wein erzeugt, macht es in Beresow unter fast 59° N. B. möglich, dafs Korn reift, denn nach Erman[3] ist dort die mittlere Wärme des Juni = 17°,5, des Juli = 16°,6 und des August = 19°,75. Aehnliche Temperaturverhältnisse finden sich nach Clarke[4] im östlichen Rufsland, wo namentlich in Moscau unter 55° 47′ der Winter plötzlich in den Sommer übergeht, denn er fand daselbst am 8ten April noch Schnee, am folgenden Tage fiel Thauwetter ein und an dem hierauf folgenden stieg die Wärme um Mittag im Schatten sogar auf 23° C. Zu Woronesch am Don unter 51° 40′ N. B. steigt die Hitze im Sommer bis 35° C., es reift dort Wein und die Wassermelonen sind so häufig als die Gurken in Deutschland; dennoch aber sind im Winter — 37°,5 keine seltene Erscheinung. Auch dort tritt im December der Winter mit der intensivsten und dauernden Kälte ein, der Sommer dagegen im April sogleich mit grofser Wärme, und später bringt der Südwestwind, wie eine Art Sirocco, unerträgliche Hitze. Das Asow'sche Meer, im Mittel unter 46° N. B., gefriert alle Winter so, dafs keine Schifffahrt möglich ist und die Verbindung blofs durch Schlitten unterhalten wird, dennoch aber stieg die Wärme in der Cuban'schen Tartarei, gleichfalls unter 46° N. B., oft bis 32°,22 C. In Nordamerica sind die Jahreszeiten überall merklich, es findet jedoch ein gröfserer Unterschied der höchsten und niedrigsten Temperaturen statt, als in Europa, auch ist der Gang der Wärme dort keineswegs ebenso gleichförmig,

---

1 Edinb. New Phil. Journ. N. XXXV. p. 162.

2 Schön Witterungskunde. S. 73.

3 Reisen. Th. I. S. 603.

4 Reise durch Rufsland und die Tartarei. Weim. 1817. S. 43, 122, 225, 378, 409.

Digitized by Google

indem als Folge verschiedener Winde zuweilen grofse Wärme mit starker Kälte plötzlich wechselt[1].

100) Nach der Gröfse des Unterschiedes der höchsten und tiefsten Temperatur unterscheidet man die *Klimate* der Orte, und nennt diese beständige, veränderliche und übermäfsige, je nachdem die Wärme das ganze Jahr hindurch fast gleich bleibt oder sich mäfsig oder übermäfsig ändert[2]. Als Bestimmungsgrund hierfür gilt nicht sowohl das absolute Maximum und Minimum der Temperatur, als vielmehr die Wärme des heifsesten und kältesten Monates. Als Beispiele für diese Bezeichnung können folgende Orte dienen.

Orte	Mittlere Temp.	Temp. des Monats heifsesten	Temp. des Monats kältesten	Unterschied
Funchal	20°,3	23°,2	17°,2	6°,0
St. Malo	12,3	19,4	5,4	14,0
Paris	10,6	18,5	2,3	16,2
London	10,2	18,0	2,2	15,8
New-York	12,1	27,1	—3,7	30,8
Peking	12,7	29,1	—4,1	33,2

Hiernach hätte also Funchal ein beständiges Klima (*climat constant*), St. Malo, Paris und London ein veränderliches (*climat variable*), New-York und Peking ein übermäfsiges (*climat excessif*), Brüssel aber, dessen mittlere Temperatur 10°,8 beträgt, die des heifsesten Monates 21°,28 und des kältesten 1°,32 mit einem Unterschiede von 20°,96, würde nach Quetelet ein veränderliches Klima mit Annäherung zum übermäfsigen haben.

101) A. v. Humboldt[3] hat zuerst in gröfserem Umfange die Ursachen aufgesucht, wodurch an den verschiedenen Orten der nördlichen Halbkugel die ungleichen Temperaturen des Sommers und Winters herbeigeführt werden, und zur Bezeich-

1 Vergl. *Klima*. Bd. V. S. 883.

2 Quetelet Mém. sur les Variations diurne et annuelle de la Température, p. 11. Vergl. Pouillet Éléments de Phys. T. II. p. 636.

3 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. III. p. 521.

nung der hieraus entspringenden Folge, dafs nämlich Orte unter verschiedenen Polhöhen gleiche Sommer und wiederum gleiche Winter haben müssen, die Bezeichnungen *Isotheren* (von ἴσος gleich und ϑήρ der Sommer) und *Isochimenen* (von ἴσος und χεῖμα Winter) eingeführt, Linien, von welchen erstere diejenigen Orte verbinden, an denen ein gleicher Sommer herrscht, letztere aber diejenigen, an denen die mittlere Temperatur des Winters gleich ist. Dieser Gelehrte hat dann aus dem reichen Schatze seiner Kenntnisse eine Menge Thatsachen beigebracht, welche den Lauf dieser Linien zu bezeichnen dienen, Kämtz[1] hat deren Zahl nicht unbedeutend vermehrt, und somit bleibt für mich nur eine spärliche Nachlese übrig, die ich in die nachfolgende Uebersicht einreihe.

102) Aus Gründen, die am Schlusse dieser Untersuchungen angegeben werden sollen, giebt es, abgesehn von dem bereits erwähnten Einflusse, welchen die geographische Breite auf die Schwankungen der jährlichen Temperatur äufsert, drei Hauptstreifen, die sich durch die Unterschiede der Sommer- und Wintertemperaturen auszeichnen, deren einen, die Region des geringeren Unterschiedes, ich unter 0° der Länge setzen möchte, mit einer Erstreckung von etwa 10° westl. bis 20° östl. Länge, den zweiten unter 90° östl. Länge im grofsen asiatischen Continente und den dritten unter 90° westl. Länge in diejenige Gegend, deren Temperaturverhältnisse zum Theil durch die vermuthlich aus Festland bestehende Umgebung der Baffins-Bai bedingt wird, die beiden letzteren mit einer ungefähr gleichen Erstreckung nach beiden Seiten. Aus den von Kämtz mitgetheilten Tabellen der Temperaturverhältnisse, wobei die mittleren Temperaturen der verschiedenen Orte als Hauptbestimmungsgrund angenommen sind, könnte man leicht einige Hauptpuncte entnehmen, um die Verhältnisse der mittleren Winter- und Sommertemperaturen in diesen Streifen übersichtlich zu machen, ich wähle aber lieber die Eintheilung, wonach ebendieser Gelehrte dieses Verhältnifs in bekannten und interessanten Ländern anschaulich gemacht hat, woraus dann zugleich der Einflufs der benachbarten Meere auf die Küstenländer sichtbar wird. Nehmen wir zuerst diejenigen Orte, welche zu Grofsbritannien gehören, so zeigt sich auf-

1 Meteorologie. Th. II. S. 59 ff.

Digitized by Google

fallend ein gröſserer Unterschied der Sommer- und Wintertemperatur, je weiter sie von den Küsten entfernt im Innern des Landes liegen, im Ganzen aber ein weit geringerer, als an Orten, die in groſsen Continenten oder nur an deren Küsten liegen und bei denen daher über groſse Länderstrecken oder von der See herkommende Luftströmungen ihren Einfluſs äuſsern.

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Insel Unst	60°42′	4°,05	11°,92	7°,87
Kinfauns Castle	56 23	2,59	13,83	11,24
Edinburgh	55 58	3,40	15,10	11,70
Kendal. . .	54 17	2,03	14,32	12,29
Manchester	53 30	2,81	14,81	12,00
Oxford . . .	51 46	3,55	15,56	12,01
London . .	51 31	3,22	16,75	13,53
Gosport . .	50 48	4,84	17,48	12,64
Penzanze .	50 11	7,04	15,83	8,79

Groſsbritannien, vom Meere ganz umschlossen und der angegebenen Linie des geringsten Unterschiedes am nächsten liegend, hat gelinde Winter und kühle Sommer. Wie dieses nothwendig durch die feuchten Seewinde bewirkt werden müsse, ergiebt sich leicht, wenn wir die Temperaturen des Sommers und Winters hiermit vergleichen, welche Hamilton[1] auf dem atlantischen Ocean zwischen 15° und 45° westl. Länge v. G. beobachtete.

Breite	Winter	Sommer	Untersch.	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
50°	11°,21	15°,00	3°,79	43°	11°,27	18°,10	6°,83
49	12,88	14,60	1,72	42	12,94	18,10	5,16
48	10,16	15,13	4,97	41	13,22	19,22	6,00
47	11,67	15,56	3,89	40	15,69	21,80	6,11
46	11,67	15,56	3,89	39	11,89	18,89	7,00
45	12,56	15,13	2,57	38	10,56	19,44	8,88
44	13,11	16,94	3,83				

Man vermiſst in dieser Zusammenstellung sogar die Regelmäſsigkeit des Fortganges bei der Abnahme der Polhöhen,

1 Transactions of the Amer. Philos. Soc. New Ser. T. II. p. 432.

was leicht zu entschuldigen ist, wenn man berücksichtigt, dafs die Zahl der Beobachtungen auf der See nicht wohl so grofs seyn kann, als auf dem Lande, mithin die erhaltenen Mittel auf den erforderlichen Grad der Genauigkeit keinen Anspruch haben können; dennoch aber leuchtet im Allgemeinen der geringe Unterschied zwischen der Wärme des Sommers und Winters deutlich hervor, zugleich aber der bedeutende Einflufs, welchen die verschiedenen Meeresströmungen auf die Wärme der Luft über ihnen haben, und endlich die verhältnifsmäfsig grofse Wärme dieser Gegenden.

Skandinavien unterliegt dem Einflusse der Luftströmungen, die bald vom atlantischen Meere, bald vom Nordpole, bald vom grofsen asiatischen Continente, bald von Africa über Europa herkommen; jenachdem die einen oder die andern vorherrschen und das Uebergewicht haben, wird daher der Unterschied der Sommer- und Wintertemperatur gröfser werden. Kämtz giebt, um dieses anschaulich zu machen, folgende Zusammenstellung.

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Nordcap	71° 10′	−4°,63	6°,38	11°,01
Enontekis	68 30	−17,59	12,80	30,39
Ulea . . .	65 0	−11,15	14,34	25,49
Umea . .	63 50	−10,46	14,19	24,65
Drontheim	63 26	− 4,78	16,33	21,11
Söndmör .	62 30	− 2,72	13,35	16,07
Bergen . .	60 24	2,20	14,76	12,56
Ullensvang	60 20	− 0,07	15,61	15,68
Christiania	59 55	− 3,66	15,78	19,44
Upsala . .	59 52	− 4,14	15,79	19,93
Spydberg	59 38	−10,46	17,16	27,62
Stockholm	59 21	− 3,67	16,30	19,97

Al. v. Humboldt hat den Einflufs des benachbarten Meeres auf die jährlichen Oscillationen der Temperatur an einigen Orten der Niederlande nachgewiesen, Kämtz aber zur besseren Vergleichung noch einige Orte aus dem Innern Frankreichs hinzugenommen, wie die folgende Tabelle zeigt.

Digitized by Google

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Franeker	52°36′	2°,56	19°,57	17°,01
Amsterdam . .	52 22	2,67	18,79	16,12
Haag	52 3	3,46	18,63	15,17
Middelburg . .	51 30	1,92	16,92	15,00
Dünkirchen . .	51 2	3,56	17,68	14,12
Brüssel	50 51	2,56	19,01	16,45
Montmorenci . .	49 0	3,21	18,96	15,75
Paris	48 50	3,59	18,01	14,42
Denainvilliers .	48 12	2,85	19,32	16,47
Rochelle	46 9	4,78	19,22	14,44
Clermont Ferrand	45 47	1,50	18,01	16,51
Marseille . . .	43 18	7,35	22,74	15,39

Deutschland unterliegt zwar noch dem Einflusse der vom atlantischen Meere herkommenden West- und Nordwestwinde, welche ihm die meisten Regen bringen, zugleich aber ist es den warmen Süd- und Westwinden und noch mehr den Nordostwinden ausgesetzt, welche, von beeisten Flächen oder in mehr östlicher Richtung von ausgedehnten Länderstrecken herzuströmend, abwechselnd Wärme, Kälte, Feuchtigkeit und Trockenheit bringen. Beim weitern Fortschreiten nach Osten entfernt man sich mehr von der Linie des geringsten Unterschiedes zwischen Winter und Sommer und nähert sich mehr der des gröſsten, weswegen in Berlin, Wien und noch mehr in Ungarn heiſse Sommer mit kalten Wintern wechseln, noch mehr aber zeigt sich dieses klimatische Verhältniſs im europäischen Ruſsland, so daſs selbst Petersburg durch die Nähe des baltischen Meeres hiergegen nicht geschützt wird, wie Kämtz durch folgende Uebersicht nachweist.

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Cuxhaven .	53°52′	0°,51	16°,76	16°,25
Hamburg . .	53 33	0,40	18,96	18,56
Frankfurt a. M.	50 7	1,42	18,27	16,85
Würzburg .	49 46	0,71	20,04	19,33
Carlsruhe . .	48 59	1,97	18,74	16,77
Regensburg	49 1	—0,75	20,50	21,25
Stuttgart . .	48 46	1,19	18,73	17,54
Tübingen . .	48 31	—0,02	17,01	17,03
Tegernsee .	48 10	—1,24	16,15	17,39
Zürich . . .	47 23	—0,92	17,86	18,78
Chur	46 50	0,10	17,45	17,35
Genf	46 12	0,75	18,94	18,19
Bern	46 57	—1,46	14,88	16,34
Prag	50 5	—0,44	19,93	20,37
Berlin. . . .	52 31	—1,19	17,43	18,62
Wien	48 12	0,18	20,36	20,18
Ofen	47 30	—0,41	21,17	21,58
Petersburg .	59 56	—9,03	16,02	25,05

Je mehr man sich den beiden Strecken nähert, die von der genannten des geringsten Unterschiedes östlich und westlich etwa 90° entfernt sind, desto gröſser werden diese Unterschiede, indem zugleich mit höheren Breiten die Strenge der Winter wächst. Ueber die östliche Strecke ist es mir jedoch unmöglich, mehr als einige wenige genaue Beweise hierfür aufzufinden, inzwischen kündigt sich dieser allgemeine Charakter schon in der Gegend des Ural an, weswegen ich Kasan, Slatoust und Barnaul mit aufnehme, die übrigen Orte liegen mehr in der genannten Strecke.

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Barnaul . . .	53°20′	—14°,11	16°,57	30°,68
Slatoust . . .	55 8	— 16,49	16,08	32,57
Kasan	55 48	— 12,29	18,32	30,61
Bombay . . .	18 58	24,65	27,90	3,25
Chunar . . .	25 9	16,24	31,00	14,76
Peking . . .	39 54	— 0,70	30,00	30,70
Irkuzk . . .	52 17	— 8,66	16,63	25,29
Jakuzk	62 2	— 36,00	17,22	53,22

Aus dem nordamericanischen Continente bis tief in das nördliche Polarmeer steht uns eine Menge von Beobachtungen zu Gebote, so dafs die Richtigkeit der Thatsache des überall daselbst sich zeigenden grofsen Unterschiedes der mittleren Temperaturen des Winters und Sommers nicht dem mindesten Zweifel unterliegt.

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Chapel - Hill (Nordcarolina)	35°54′	6°,05	25°,20	19°,15
Washington . .	38 53	8,83	19,71	10,88
Marietta	39 25	— 1,50	22,04	23,54
New Bedford . .	41 37	— 2,79	21,57	24,36
Williamstown . .	42 30	— 5,50	18,67	24,17
Salem	42 33	— 3,08	20,82	23,90
Fayetteville . . .	42 58	— 6,29	18,43	24,72
Penetanguishene (am Huronensee)	44 48	— 5,18	21,07	26,25
Fort Snelling . .	44 53	— 8,99	21,81	30,80
Montreal	45 31	— 7,90	22,17	30,07
Fort Brady . . .	46 39	— 6,98	17,49	24,47
Cumberland House	54 0	—20,33	19,84	40,17
Fort Chapewyan	58 43	—23,90	16,90	40,80
Fort Enterprise	64 30	—30,57	10,96	41,53
Fort Franklin . .	65 12	—27,12	9,66	36,78
Winter Island .	66 25	—31,63	1,67	33,30
Igloolik	69 30	—32,63	1,46	34,09
Boothia Felix . .	70 0	—32,97	3,35	36,32
Melville	74 45	—35,19	2,46	37,65

Aus diesen Tabellen geht die Wahrheit der aufgestellten Regel sichtbar hervor, und aus der Vergleichung der beiden letzten ersieht man ferner, dafs in Asien die Unterschiede noch gröfser sind als in America, was daraus erklärlich wird, dafs dort ein ausgedehnteres Continent im Süden die Sommertemperatur bedeutend erhöht, während die Wintertemperatur den Breitengraden angemessen ist. Ob etwa vom 65sten Breitengrade an die Unterschiede wieder abnehmen, wie aus den americanischen Beobachtungen hervorgeht, ist zwar nicht entschieden, wird jedoch aus den übereinstimmenden Resultaten zahlreicher und genauer Beobachtungen höchst wahrscheinlich und hat ohne Zweifel darin seinen Grund, dafs das Po-

Digitized by Google

larmeer eine gröſsere Beständigkeit der Wärme herbeiführt. Es zeigt sich dieses nicht bloſs beim americanischen, sondern auch beim sibirischen Polarmeere, indem die Jäger, welche sich im Sommer auf Neusibirien und Kotelnoy, unter 75° N. B. zwischen den Mündungen der Lena und Kolyma, aufhalten, bemerkt haben, daſs das Meer dort später gefriert und früher wieder aufthaut, als an der Küste des Continents. Parrot[1] läſst es unentschieden, ob dieses den Inseln im Polarmeere überhaupt eigen oder eine Folge der Tiefe des Meeres und seiner Strömungen sey, Kämtz leitet es vom Einflusse des Wasserdampfes ab, es scheint mir aber hauptsächlich eine Folge der Meeresströmungen zu seyn, die sowohl im sibirischen als auch im nordamericanischen Polarmeere statt finden und ihren Ausfluſs durch die Baffins- und Hudsonsbai, neben Spitzbergen ins atlantische und durch die Behringsstraſse in das indische Meer nehmen[2], womit dann auch die Bildungen der *Polinjen*[3] in jenen Eismeeren zusammenhängt.

In einem hohen Grade interessant und belehrend sind die Resultate, welche v. Baer[4] aus mehrjährigen, zu Novaja Semlia angestellten Beobachtungen entnommen hat. Dort ist an der Ostküste unter 70° 36′ 47″ N. B. und 57° 47′ östl. L. v. G. die Temperatur merklich niedriger, als an der Westküste unter fast 3° höherer N. B. Die Ursache hiervon soll in der gröſseren Ansammlung des Eises liegen, welches sich bei den verschiedensten Windrichtungen in den Buchten anhäuft, und in dem Einflusse der Winde, sofern die westlichen wärmeren bedeutend über der Insel abgekühlt werden, bis sie die Ostküste erreichen. Wird dieses auch zugegeben, so folgt doch eben hieraus zugleich, daſs die östlichen Winde überall kälter sind und aus einer kälteren Gegend herkommen als die westlichen, und beweist somit für die unverhältniſsmäſsig

---

1 V. Wrangel physikalische Beobachtungen. S. 11.

2 Nach sinnreichen Combinationen von Whewell in Phil. Trans. 1833. P. I. p. 189. geht eine Wellenströmung wärmeren Wassers vom atlantischen Ocean aus bei Island und Spitzbergen vorbei über den Nordpol durch die Behringsstraſse, die einen Arm rechts durch das sibirische Meer und vielleicht einen andern links aussendet.

3 Vergl. *Meer*. Bd. VI. S. 1702.

4 Bulletin scientifique publié par l'Académie Impériale des Sciences de St. Petersbourg. T. II. N. 15 — 17.

Digitized by Google

höhere Temperatur der westlich liegenden Strecke. Man übersieht die Sache am besten durch die Zusamenstellung der monatlichen Mittel.

Monat	Westküste Matotschkin-Schar	Südostspitze	Monat	Westküste Matotschkin-Schar	Südostspitze
Januar	−15°,40	−19°,38	Juli	4°,42	2°,39
Februar	— 22,08	— 17,72	August	4,96	3,06
März	— 15,30	— 23,72	Septemb.	— 0,51	— 1,10
April	— 13,19	— 16,04	October	— 5,41	— 6,52
Mai	— 6,81	— 8,05	Novemb.	—12,92	—15,98
Juni	— 1,43	0,52	December	—19,68	—10,87

Hieraus ergiebt sich also für beide genannte Puncte:

Orte	Breite	Winter	Sommer	Untersch.
Matotschkin-Schar	73° 12′	−19°,05	3°,60	22,65
Südostspitze . . .	70° 37′	— 15,99	1,99	17,98

Die Unterschiede sind hier geringer als im nordamericanischen Polarmeere, was als Folge der Nähe des wärmeren Meeres im Westen zu betrachten scheint. Zu berücksichtigen ist hierbei aber die grofse Kälte des März, die zwar als Ausnahme für dieses besondere Jahr gelten könnte, aber zugleich mit der Regel zusammenfällt, die Brandes[1] für die nordöstlichen Länder, namentlich für Petersburg aufgefunden hat, wonach dort die gröfste Kälte in den Anfang des März fällt und nach Baer der Anfang des Winters mit dem Januar beginnt. Dann wären für die Südostspitze die mittleren Temperaturen des Winters und Sommers = — 20°,27 und 1°,47, also der Unterschied = 21°,74 C. Wenn aber endlich unter wenig verschiedenen Breiten und nicht sehr weit von einander entfernt liegende Orte ungleiche Unterschiede der Winter- und Sommertemperaturen zeigen, so kann der Grund hiervon in einigen Fällen wohl darin liegen, dafs aus jenen Gegenden genaue und hinlänglich lange fortgesetzte Beobachtungen schwer zu erhalten sind[2], meistens ist derselbe jedoch in ört-

1 Beiträge zur Witterungskunde. S. 13.

2 Die Nachweisung der Quellen, aus denen die Gröfsenbestim-

Digitized by Google

lichen Bedingungen zu suchen, die hierauf einen sehr bedeutenden Einfluſs ausüben können. So mag vielleicht der geringe Unterschied zu Fort Brady eine Folge des benachbarten oberen Sees seyn, doch können auch geringere Ursachen mitunter einen merkbaren Einfluſs ausüben, wie sich namentlich darin zeigt, daſs der nur zwei Meilen betragenden Entfernung ungeachtet Mannheim heiſsere Sommer und kältere Winter hat, als Heidelberg, weil letztere in einem von drei Seiten geschlossenen Thale liegende Stadt gegen die heiſsen und kalten Winde geschützt ist. Zu Mannheim beträgt der Unterschied zwischen Winter und Sommer 18°,05, zu Heidelberg aber, obendrein aus den letzten 18 Jahren, worin vorzugsweise mehrere heiſse Sommer und kalte Winter begriffen sind, 17°,84.

103) Kämtz[1] meint, es sey wegen des noch zur Zeit herrschenden Mangels an Beobachtungen unmöglich, die Isochimenen und Isotheren mit hinlänglicher Genauigkeit zu zeichnen, da zur Bestimmung der mittleren Temperatur irgend einer Jahreszeit eine längere Reihe von Messungen erforderlich ist, als für die mittlere des ganzen Jahres. Dieses ist allerdings vollkommen richtig, allein von der andern Seite ist es höchst interessant, das Verhalten der Temperatur des Winters sowohl als auch des Sommers an den verschiedenen Orten der Erde in graphischer Darstellung überblicken zu können, so daſs man aus dieser Ursache die zurückbleibende Ungewiſsheit und einige unvermeidliche Unrichtigkeiten ebenso gern entschuldigen wird, als dieses bei der Bestimmung dieser Gröſsen durch Zahlen geschehn muſs. Deswegen habe ich keinen Anstand genommen, beide Arten Linien der nördlichen Halbkugel auf der den Kupfertafeln beiliegenden Charte zu zeichnen, indem ich die nicht geringe Anzahl der hierzu erforderlichen Bestimmungen, die Al. v. Humboldt und Kämtz aufgefunden haben, benutzte und um einige neuerdings bekannt gewordene vermehrte. Da, wo die bekannten Thatsachen nicht genügen, muſste die Beugung der Curven

---

mungen entnommen sind, habe ich der Kürze wegen weggelassen und verweise deswegen auf die unten folgende Tabelle der mittleren Temperaturen.

1 Meteorologie Th. II. S. 68.

nach Wahrscheinlichkeitsgründen ergänzt werden. Sollten die Isotheren und Isochimenen die Gleichheit der Sommer und Winter ganz genau angeben, so könnten sie gar nicht regelmäfsig gekrümmt seyn, denn da, wie gezeigt worden ist, selbst nahe gelegene Orte durch specielle Einflüsse merklich abweichende Temperaturen dieser Jahreszeiten zeigen, so müfsten die Linien zuweilen im Zickzack fortlaufen, was sich in so kleiner Dimension gar nicht ausdrücken läfst, und man mufs daher diese Unregelmäfsigkeiten möglichst auszugleichen suchen.

104) Wie die täglichen und monatlichen Temperaturen nicht stets gleich sind, sondern bedeutende Schwankungen zeigen, welche durch die Vereinigung einer gröfseren Zahl ausgeglichen werden, wenn man die mittlere finden will, ebenso ist dieses auch bei den Temperaturen des Winters und des Sommers der Fall. Länger anhaltende Beobachtungen führen noch aufserdem zu dem interessanten Resultate, dafs nicht blofs an den nämlichen Orten ungleich kalte Winter und mehr oder weniger warme Sommer statt finden, sondern dafs sich auf der einen Seite kein regelmäfsiges Gesetz dieser Folge auffinden läfst, indem oft zwei und mehr kalte Winter und warme Sommer auf einander folgen, die mit einem oder mehreren gelinden Wintern und kühlen Sommern wechseln, dafs auf der andern Seite aber meistens gröfsere Theile der Erdoberfläche diesen Unregelmäfsigkeiten unterworfen sind, insofern in gewissen Länderstrecken die Wärme überwiegend ist, während weit entfernte eine ebenso ungewöhnliche Kälte zeigen, ja dafs dieser Unterschied sich sogar über beide Erdhälften ausdehnt. Um diese Sätze durch einige sprechende Beweise zu belegen, mögen folgende Beispiele dienen.

Der Frühling des Jahres 1837, welcher nach einem ungewöhnlich früh beginnenden Winter mit vielfachen Abwechselungen und ohne die gewöhnliche Wärme des Februars und Märzes im südlichen und nördlichen Deutschland um Ostern nochmals bleibenden Schnee in übergrofser Menge gab, mit dem Gegensatze des gelinden Winters von 1833 auf 1834, als im Januar die Mandeln blühten, ist noch als auffallende Abweichung von der Regel in frischem Andenken. Ebenso hatte das Jahr 1829 ein sehr kaltes Frühjahr[1], denn Fon-

1 Annals of Philos. 1829. Sept.

Digitized by Google

STER fand zu Lüttich am 8ten Juni des Morgens Ei auf dem Wasser und das Thermometer kam am Tage nicht über 14°,44 C. Im Jahre 1835 zeigte sich plötzlich am Ende des Juni und Anfang des Juli der Eintritt einer ungewöhnlichen Kälte in Frankreich, denn zu Bourbon und in der Auvergne waren die Berge mit Schnee bedeckt und die Ebenen alle Morgen mit Reif[1]. Am 21sten Juli 1832 ging die Temperatur im südlichen Deutschland nach einer drückenden Hitze in Folge eines heftigen Gewitters so tief herab, dafs nach amtlichen Berichten[2] in einigen höheren Gegenden des Schwarzwaldes und im Würtembergischen Früchte und Kartoffeln erfroren; jedoch zeigte sich dieses nur in Thälern und Niederungen, nicht auf den Bergspitzen. Weit mehr, als der Winter von 1833 auf 1834 von der gewöhnlichen Regel durch unerwartete Gelindigkeit abwich, mufs dieses im Jahre 1186 der Fall gewesen seyn, denn MARTIN CRUSIUS[3] sagt in der schwäbischen Chronik: „Der Winter war warm, und als im Januar des fol„genden Jahres die Bäume schon blühten, so waren die Ae„pfel im Februar schon so grofs als die Haselnüsse oder Vo„geleier. Im Mai war Ernte und im August Weinlese, aber „das folgende Jahr war alles Widerspiel." STEINHOFER in der würtembergischen Chronik sagt von 1289: „Es war ein „so warmer Winter, dafs nicht ein einziger Schnee vermerkt „wurde; um Weihnachten grüneten die Bäume, im Hornung „hatte man zeitige Erdbeer, im April hatte man blühende „Trauben gefunden, aber zu Anfang des Maien ist wider al„les Verhoffen erst ein Schnee gefallen und so kalt worden, „dafs die Weinberge, hohe und niedere, sammt dem Obst er„froren. Weil es aber so früh war, haben die Weingärten „wieder ausgeschlagen und Wein gegeben." Ebenderselbe sagt vom Jahre 1420: „Es ist ein so warmer Winter gewesen, „dafs den 20sten März die Bäume ausgeschlagen, im April die „Trauben geblüht, um Pfingsten Ernte, um Bartholomä Herbst „gewesen." Von 1421 bis 1429 waren stets gelinde Winter und reiche Ernten, so dafs Alles im Ueberflufs vorhanden

---

1 L'Institut 1835. N. 117. p. 256.

2 Correspondenzblatt des würtemberg. landwirthschaftl. Vereins. 1833. Th. II. S. 142.

3 Frankf. Zeitung 1834. N. 16.

war, woraus in Uebereinstimmung mit andern Erfahrungen hervorgeht, dafs eine gewisse Temperaturdisposition längere Zeit anhalten kann. Auch aus Schottland wird bemerkt[1], was in Beziehung auf die Bestimmung des Maximums und Minimums der Temperatur an den verschiedenen Orten der Beachtung werth ist, dafs der Winter von 1825 auf 1826 sich durch ungewöhnliche Kälte, so wie der Sommer 1826 durch grofse Hitze ausgezeichnet habe, welches Letztere auch in Deutschland der Fall war, wo jedoch der Winter von 1826 auf 1827 sich ungewöhnlich kalt zeigte. Fünf engl. Meilen von Edinburg 400 F. über der Meeresfläche war die gröfste Kälte am 16ten Januar Morgens 8 Uhr = — 9°,04. Dr. Orpen erhielt zu Dublin das Minimum an diesem Tage um 10 Uhr Abends = — 3°,89, der Earl Spencer zu Althorp in Northumberland dagegen zu Northamptonshire am 15ten und 16ten = — 13°,33 und Grant zu Invernefs-shire am 14ten um Mitternacht = — 21°,11 und am 15ten = — 20°,55. Gleich ungewöhnlich war die Sommerwärme im Jahre 1826. Am 24sten Juni wurde unweit Edinburg um 2 Uhr 40 Minuten 27°,78 C. und am 25sten sogar 32°,32 und am 26sten um 3 Uhr Nachmittags 29°,0 beobachtet, welche Bestimmung gewifs richtig ist, wenn auch bei der des vorhergehenden Tages sich eine Unrichtigkeit eingeschlichen haben sollte. Auch im Jahre 1823 beobachtete Grant[2] zu Doune in Invernefsshire am 5ten und 6ten Febr. eine ungewöhnliche Kälte, die am 6ten Nachmittags bis — 26°,11 herabging, also tiefer als im Jahre 1780, wo der tiefste Thermometerstand — 25°,55 C. betrug. Die Kälte war übrigens damals nicht im strengsten Sinne örtlich, denn auch zu Edinburg sank das Thermometer bis — 11°. Der Winter von 1829 auf 1830, welcher im südwestlichen Europa so streng war, dafs namentlich hier in Heidelberg die mittlere Temperatur aus Beobachtungen um 9 und 9 Uhr — 5°,18 betrug, statt dafs die aus 18 Jahren = 0°,811 ist, als der Bodensee zum ersten Male nach der Erinnerung der noch lebenden ältesten Menschen gänzlich zugefroren war[3] und man sich in Spanien gegen die strenge Kälte

---

1 Edinb. Journ. of Science N. X. p. 240.

2 Edinburgh Philos. Journ. N. XVI. p. 397.

3 Im verflossenen Winter von 1837 auf 38 verlautete nichts vom

nicht zu schützen wufste, ebendieser Winter war in Nordamerica sehr gelinde, denn namentlich zu Boston war die mittlere Temperatur des December = 5°,27, des Januar = 0°,83 und des Februar = 2°,49, also im Mittel = 2°,86 C., und vom 1sten Dec. 1829 bis 1sten April 1830 waren nur 3 Tage ohne Sonnenschein[1]. Völlig im Gegensatze hiermit war der Winter von 1834 auf 1835 in Deutschland und mindestens dem gröfsten Theile von Europa ein gelinder, in Nordamerica aber ein sehr strenger, denn es wurden namentlich am 4ten und 5ten Januar 1835 an folgenden sowohl im Innern, als auch an den Küsten gelegenen Orten die nebenstehenden ungewöhnlichen Kältegrade nach dem hunderttheiligen Thermometer beobachtet[2].

Hafen-Orte	Breite	Temp.	Orte im Innern	Breite	Temp.
Portsmouth .	43° 0'	—28°,9	Montreal . .	45°30'	—37°,2
Salem	42 33	— 27,2	Bangar . . .	45 0	— 40,0
Boston	42 20	— 26,1	Montpellier .	44 30	— 40,0
New-Haven	41 20	— 30,5	Rutland . . .	43 30	— 34,4
New-York .	40 42	— 20,5	Franconia . .	43 30	— 40,0
Philadelphia	39 57	— 20,0	Windsor . .	43 24	— 36,7
Baltimore . .	39 15	— 23,3	Concord . . .	43 15	— 37,2
Washington .	38 52	— 26,6	Newport . . .	43 0	— 40,0
Charlestown .	32 45	— 17,8	Saratoga . . .	43 0	— 36,1
Hartford . . .	41 46	— 31,6	Albany . . .	42 39	— 35,6
Saco	43 31	— 33,3	Pittsfield . . .	42 30	— 36,1
Goshen (New-Jersey) . .	-- --	— 35,5			

Einen noch auffallendern Gegensatz bietet der Winter von 1821 auf 1822, welcher in ganz Deutschland sehr gelinde war und ebenso im hohen Norden, indem sogar Petersburg und selbst Tobolsk kaum zwei Monate anhaltende Kälte hatten. Dagegen war es in Südamerica unausstehlich kalt, und am 20sten Febr. fiel Schnee in Buenos-Ayres, so dafs die Com-

---

Gefrieren des Bodensees; dagegen gefror der Laacher See bei Bonn, was nach der Erinnerung der ältesten Personen früher nie der Fall war.

1 Schumacher astron. Nachrichten 1830. N. 187.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXI. p. 109. Vergl. l'Institut 1835. N. 98.

munication mit Lima fast gänzlich aufgehoben war[1]. Der Winter 1835 auf 1836 war im südlichen Deutschland sehr gelind, im europäischen Rufsland dagegen streng[2], namentlich zeigte das Thermometer zu Petersburg im Januar fünf Tage lang — 25° C., einmal sogar — 32° C. und zu Moscau — 43°,75.

105) Die oben aufgestellte Behauptung, dafs die Reihenfolge der vorzüglich kalten oder gelinden Winter, so wie der ausgezeichnet heifsen oder kühlen Sommer durchaus kein regelmäfsiges Gesetz darbiete, läfst sich leicht beweisen, ja die Erfahrung eines jedes Einzelnen, welcher diesen Wechsel eine längere Reihe von Jahren hindurch nur oberflächlich beachtet hat, führt unwidersprechlich zu diesem Resultate. So leicht es jedoch gegenwärtig ist, die Grade der Hitze und Kälte, welche auffallend über die gewöhnlichen hinausgehn, und die Dauer solcher ausgezeichneten Perioden aus den Angaben der Beobachter durch die Zeitschriften kennen zu lernen, ebenso schwer ist dieses für ältere Zeiten, in denen die Chronikenschreiber nur im Allgemeinen und ohne nähere Bestimmung von grofser Kälte oder Hitze reden. Zuweilen führen sie jedoch Thatsachen an, aus denen sich mit grofser Sicherheit auf den Grad der Intensität beider und mindestens ungefähr auf die Dauer solcher ungewöhnlichen Erscheinungen schliefsen läfst. Dahin rechne ich die Angaben über das Gefrieren solcher Meere, bei denen dieses in der Regel der Fall nicht zu seyn pflegt[3]. So wird berichtet, dafs im Jahre 1261 und 1292 das Cattegat zwischen Norwegen und Jütland mit Eis bedeckt gewesen sey, im Jahre 1323 reiste man auf dem Eise von Lübeck nach Preufsen und Dänemark, zu welchem Behufe Herbergen zum Uebernachten angelegt waren. Ebendieses war der Fall in den Jahren 1399, 1423 und 1460, als man von Dänemark nach Schweden über das Eis ging, aber 1548 war die Eisdecke nicht vollständig, wohl aber zwischen Rostock und Dänemark, zwischen Fünen und Seeland. Im Jahre 1408 gingen die Wölfe von Norwegen nach Dänemark über das Eis, im Jahre 1658 aber führte Carl XII. seine Ar-

1 Biblioth. univ. T. XX. p. 108.
2 Biblioth. univ. Nouv. Sér. 1836. T. I. p. 160.
3 Vergl. Brugnatelli Giornale di Fis. 1820. p. 440.

Digitized by Google

mee über den kleinen Belt von Holstein nach Dänemark, und 1670 war sogar auch der grofse Belt gefroren. Im Jahre 1709, welches wegen des strengen Winters allgemein bekannt ist, war das Eis so weit von der Küste ausgedehnt, dafs man von den höchsten Thürmen herab das Ende nicht sehn konnte, im Jahre 1726 ging man von Kopenhagen über das Eis nach Schonen, in dem sehr kalten Winter von 1740 ist aber nicht bemerkt, wie weit sich die Eisdecke erstreckt habe, und überhaupt scheint in der letzten Hälfte des vorigen und in diesem Jahrhundert ein so hoher Grad der Kälte dort nicht statt gefunden zu haben; jedoch war 1784 und 1785 der kleine Belt wieder gefroren. Im Winter von 1788 und 1789, dessen ältere jetzt lebende Personen sich noch erinnern, welcher sich nicht sowohl durch einzelne ungewöhnlich niedrige Temperatur, als vielmehr durch die aufserordentliche Dauer der heftigen Kälte auszeichnete, die im nördlichen Deutschland am 27sten November anfing und mit einer Unterbrechung von blofs drei Tagen um Weihnachten bis ans Ende des Märzes stets mit grofser Intensität dauerte, scheint die Ostsee nicht bedeutend mit Eis bedeckt gewesen zu seyn. Diesem gemäfs mufs der verflossene Winter 1837 auf 38 für jene Gegenden den kältesten, die wir seit Jahrhunderten erlebt haben, beigezählt werden, da nach öffentlichen Blättern mehrere Wochen lang eine selbst für den Handel und zu Vergnügungsreisen benutzte Verbindung zwischen Dänemark und Schweden statt fand und die Ostsee an vielen Stellen bis weit von der Küste mit Eis bedeckt war. Nach Zonaras und Kantemir war namentlich im Jahre 1620 das schwarze Meer gefroren, früher, im Jahre 401, war es ganz mit Eis bedeckt, ebenso im Jahre 763, als dieses sogar bei einem Theile der Dardanellen der Fall war, und im Jahre 1621, als ein Theil des Hellespontes gefror. In den Jahren 860 und 1234 erlaubte die Eisdecke auf dem adriatischen Meere die Waaren von Venedig über dieselbe nach der dalmatischen Küste zu transportiren, im Jahre 1594 gefror das Meer bei Venedig, im Winter 1621 auf 1622 umschlofs das Eis die Flotte bei Venedig und im Winter 1709, dessen Kälte vorzüglich im südlichen Deutschland und Italien ungewöhnlich streng gewesen seyn mufs, soll das adriatische Meer ganz mit Eis bedeckt gewesen seyn. Damals ging, namentlich im Januar, das Thermometer zu Paris mehrmals bis — 19° C. herab und

Digitized by Google

die Kälte dauerte so lange, daſs es im März noch oft fror und viele Fruchtbäume abstarben[1]. Ebenso kam daselbst[2] im Winter 1740 das Thermometer vom 1. Januar bis zum 9. März nie auf 0°, die gröſste Kälte aber war am 10. Januar und 25. Februar = — 12°,5, aber am 5. März betrug sie noch — 8° C. Im Jahre 1081 soll, als seltene Erscheinung, auch der Po gefroren gewesen seyn[3].

Es scheint, als habe man in früheren Zeiten mehr die ungewöhnlich kalten Winter, als die heiſsen Sommer beachtet, vermuthlich weil jene dem Menschen unangenehmer sind und gröſseren Schaden herbeiführen, als diese. Aus diesem Grunde ist die Zahl der kalten Winter, die ich durch Brugnatelli[4], Cotte[5], Pingré[6], Gay-Lussac[7] und Andere[8] zusammengestellt finde, weit gröſser, als die der heiſsen Sommer. Als durch Winterkälte ausgezeichnete Jahre werden genannt: 400, 462, 545, 763, 800, 822, 829, 860, 874, 891, 991, 1001, 1044, 1067, 1124, 1133, 1179, 1209 auf 10, 1216, 1234, 1236, 1261, 1272, 1281, 1292, 1302, 1305, 1316, 1323, 1334, 1339, 1344, 1354, 1358, 1361, 1364, 1392, 1399 auf 1400, 1408, 1420, 1423, 1432 auf 33 und 1433 auf 34, 1438 auf 39, 1460, 1468, 1470, 1473, 1480, 1493, 1507, 1513, 1522, 1544, 1548, 1551, 1564 auf 65, 1568, 1570 auf 71, 1576, 1579, 1586, 1593 auf 94, 1602 auf 3, 1608, 1615, 1621 auf 22, 1624, 1632, 1638, 1647, 1655 auf 56, 1657 auf 58, 1662 auf 63, 1666, 1670, 1676, 1683 auf 84, 1691, 1695, 1697, 1699, 1702, 1709, 1716, 1726, 1729, 1731, 1740, 1744, 1754 auf 55, 1767, 1771, 1776, 1784 auf 85, 1788 auf 89, 1790, 1799, 1800, 1809, 1812, 1826 auf 27 und 1829 auf 30. Nach dieser groſsen Zahl müssen wir annehmen, daſs kalte Winter in kürzeren Zeiträumen auf einander folgten, oder daſs man es mit

1 Hist. de l'Acad. 1710. p. 140 u. 141.

2 Hist. de l'Acad. 1740. p. 547.

3 Muratori. T. V. p. 119.

4 Giornale di Fisica. 1820. p. 440. Pilgram, Pfaff und Andere sind von ihm benutzt worden.

5 Journ. de Physique T. XLVIII. p. 273.

6 Mém. de l'Acad. 1789. p. 514.

7 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 408.

8 Allgem. Lit. Zeit. 1824. N. 243. Essay chronologique sur les hivers les plus rigoureux par G. P. Par. 1821. Hering Tafereel van harde Winters. Amst. 1784. 8.

Digitized by Google

der Bestimmung ungewöhnlicher Kältegrade so genau nicht nahm, als wir es jetzt zu thun pflegen, so dafs Winter als ausgezeichnet kalt genannt wurden, die wir jetzt als mittlere oder gewöhnlich kalte bezeichnen würden. Um hierfür eine mindestens annähernde Bestimmung zu erhalten, setze ich die von Cotte[1] im vorigen Jahrhundert als kalt genannten Winter mit der zu Paris beobachteten gröfsten Kälte her.

Jahre	Gröfste Kälte	Jahre	Gröfste Kälte	Jahre	Gröfste Kälte
1709	—18°,75	1753	—13°,38	1771	—13°,75
1716	— 19,62	1754	— 15,62	1776	— 20,40
1729	— 15,22	1755	— 15,62	1783	— 17,55
1740	— 12,50	1757	— 13,00	1786	— 12,75
1742	— 16,45	1758	— 15,00	1788	— 21,25
1747	— 15,87	1763	— 12,50	1795	— 20,62
1748	— 15,22	1766	— 12,50	1798	— 17,60
1751	— 12,5	1768	— 17,50	1799	— 12,50

Als heifse Sommer werden folgende genannt: 763, 860, 993, 994, 1000, 1022, 1130, 1159, 1171, 1232, 1260, 1276, 1277, 1293, 1294, 1303, 1304, 1393, 1394, 1447, 1473, 1474, 1479, 1503, 1532, 1534, 1540, 1541, 1556, 1556, 1568, 1615, 1616, 1646, 1652, 1660, 1700, 1718, 1723, 1724, 1745, 1748, 1754, 1760, 1763, 1771, 1774, 1778, 1780, 1781, 1783, 1787, 1791, 1792, 1793, 1794, 1797, 1798, 1800, 1807, 1811, 1819, 1822, 1834.

In Beziehung auf den Mafsstab, wonach die Gröfse der Hitze zu bestimmen ist, die einen heifsen Sommer bezeichnet, giebt der ältere de Luc[2] aus der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die zu Genf in sogenannten heifsen Sommern beobachteten höchsten Temperaturen und die Tage, an denen sie statt fanden, in Graden der hunderttheiligen Scale.

---

1 Eine ähnliche Tabelle, mit wenig hiervon abweichenden Bestimmungen, giebt Arago in Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415. Man findet daselbst auch die Angabe der ununterbrochenen Dauer des Frostes. Diese betrug im Jahre 1776 nur 25 Tage, im Jahre 1783 aber 69 Tage, im Jahre 1795 wieder 42 Tage und 1798 endlich 32 Tage; der Winter 1788 scheint also nicht beachtet worden, oder in Paris nicht so anhaltend gewesen zu seyn, als im nördlichen Deutschland.

2 Verhandlungen der Schweizer Gesellschaft. Jahrg. XIII. 1828.

Digitized by Google

Jahre	Tage	Temp.	Jahre	Tage	Temp.
1771	27. Juli	33°,75	1793	17. Juli	36°,87
1780	31. Juli	35,25	1794	23. Juli	35,00
1781	31. Mai	28,75	1797	20. Juli	32,50
1787	12. Aug.	33,75	1798	4. Aug.	33,25
1791	1. Aug.	33,75	1800	19. Aug.	35,00
1792	19. Juli	32,50			

Für Paris theilt Arago[1] die in den heifsen Jahren beobachteten Maxima mit:

Jahre	Tage	Temp.	Jahre	Tage	Temp.
1705	6. Aug.	33°,8	1793	16. Juli	37°,3
1706	8. Aug.	35,3	1800	18. Aug.	35,5
1753	7. Juli	35,6	1802	8. Aug.	36,4
1754	14. Juli	35,0	1803	— —	36,7
1775	— —	34,7	1808	15. Juli	36,2
1793	8. Juli	38,4	1818	24. Juli	34,5

δ) Absolute Maxima und Minima.

Es sind bereits die täglichen und monatlichen Schwankungen der Temperatur erwähnt worden, die jährlichen Maxima und Minima haben aber noch höheres Interesse, insofern sie zeigen, welchem Wechsel von Wärme und Kälte manche Gegenden ausgesetzt sind. Aus dieser Ursache scheint es mir der Mühe werth, in der unten folgenden Tabelle der mittleren Temperaturen auch die Maxima und Minima bei denjenigen Orten, wo sie bekannt sind, hinzuzusetzen; hier mögen jedoch erst einige allgemeine Bemerkungen und Angaben zunächst von solchen Orten vorausgehen, deren mittlere Temperaturen wir noch nicht kennen oder bei denen die jährlichen Variationen ausnehmend grofs sind.

106) Man nimmt fast allgemein an, dafs die jährlichen Schwankungen der Temperatur in der äquatorischen Zone sehr klein sind, unter höheren Breiten in der Nähe des Polarkreises ihr Maximum erreichen und jenseit dieser Linie wieder abnehmen. Dieses ist allerdings richtig, so lange man sich auf das Verhalten der Wärme über dem Meere, auf Inseln und an Küsten bezieht, sobald man aber das Innere grofser Continente

1 Ann. Chim. et Phys. T. XXVII. p. 416. Vergl. Cotte über die heifsen Sommer in Mém. de l'Inst. T. IV. p. 333.

Digitized by Google

berücksichtigt, dürfte eher die Behauptung gelten, daſs die Maxima und Minima überall ziemlich nahe einen gleichen Abstand von einander haben. Es ist erforderlich, dieses durch einige sprechende Beispiele zu beweisen, leider aber fehlt es uns an Beobachtungen aus dem Innern von Africa und Asien, die lange genug fortgesetzt wären, um hierüber entscheiden zu können, viele Theile von America und auch die südlichsten Spitzen von Asien unter niederen Breiten sind aber zu sehr insularisch und Küstenländer, als daſs von ihnen eine Entscheidung zu erwarten wäre. Ueberhaupt sind in jenen, den cultivirten Völkern nur wenig zugänglichen Ländern die von einzelnen Reisenden während kurzer Dauer gemachten Thermometerbeobachtungen nicht geeignet, die Extreme genau kennen zu lernen, die sich in ihrer wahren Gröſse selbst aus einjährigen Beobachtungen nicht ergeben, wie schon daraus genügend hervorgeht, daſs sich manche Sommer ebenso sehr durch ungewöhnliche Hitze, als manche Winter durch seltene Kälte auszeichnen. In manchen Gegenden unter höheren Breiten werden die Unterschiede der höchsten und tiefsten Thermometergrade dadurch allerdings sehr groſs, daſs die Winterkälte einen unglaublich hohen Grad erreicht und der Sommer dennoch mehrere sehr warme Tage liefert, unter niederen Breiten aber steigt die Hitze zuweilen bis zum Unerträglichen, und dennoch folgt dann mitunter, hauptsächlich in Folge gewisser Winde, eine Kälte, wie man sie in jenen Gegenden nicht erwarten sollte, allgemein aber, und auf jeden Fall unter mittleren Breiten, ist der Unterschied der Minima in verschiedenen Jahren gröſser, als der Maxima, wie unter andern die Beobachtungen zu Genf von 1826 bis 1835 zeigen[1], wo die tiefsten Temperaturen zwischen $-7^{\circ},75$ und $-21^{\circ},75$, die höchsten aber zwischen $36^{\circ},25$ und $29^{\circ},62$ schwankten.

107) Ueber dem Meere, mit Ausnahme der gefrierenden Polarmeere, sind die Schwankungen der jährlichen Temperatur sehr gering, in der äquatorischen Zone fast ganz verschwindend und erst unter wachsenden Breiten etwas gröſser. John Davy[2] beobachtete die Temperatur der Luft auf seiner Fahrt vnn Ceylon bis zum Vorgebirge der guten Hoffnung im Februar

1 Biblioth. univ. 1837. Avril. p. 370.
2 Edinburgh Journal of Science N. I. p. 63.

Digitized by Google

und März, also in den heifseren Monaten der südlichen Halbkugel, von 12° 52′ S. B. und 79° 57′ östl. L. bis 35° 41′ S. B. und 20° 20′ östl. L. und erhielt als Maximum 26°,11, und als Minimum 20°,0 C. Auf der weiteren Fahrt desselben[1] vom Cap bis Helena unter 31° 38′ S. B. und 14° östl. L. bis 15° 55′ S. B. und 5° 36′ westl. L. vom 20. April bis 5. Mai war das erhaltene Maximum 23°,33, das Minimum aber 19°,54. Arago[2] hat die höchsten Temperaturen aufgesucht und zusammengestellt, welche von den Seefahrern im atlantischen und grofsen Ocean, auf dem indischen, chinesischen, dem Molucken- und Sunda-Meere und auf der Südsee zwischen 17° 46′ S. B. und 20 10′ N. B. gemessen wurden, und diese betragen im atlantischen Ocean (wo v. Humboldt unter 7° N. B. nur 26°,9, Caldcleugh[3] aber unter der Linie nur 27°,22 und im Wasser noch etwas weniger erhielt) im Maximum 29°,1, auf der Südsee 28°,9, auf dem indischen Meere 29°,6, auf dem chinesischen Meere 29°,1, auf dem grofsen Ocean 30°,5, auf dem Meere von Sunda 29°,1, auf dem Meere von Sumatra 28°,9, auf dem Meere von Ceylon 28°,9, so dafs die Temperatur der Luft über dem Meere sicher 31° C. nie übersteigt.

108) Da der Wechsel der Temperaturen hauptsächlich durch die Sonnenstrahlen und die Luftströmungen bedingt wird, so können die Unterschiede der Wärme und Kälte auf Inseln und in Küstenländern der äquatorischen Zone nicht bedeutend grofs seyn[4], weil die Ungleichheit der Sonnenhöhe zwar unter der Linie nur halb so grofs ist, unter dem Wendekreise jedoch ebenso viel beträgt, als unter höheren Breiten, dagegen aber der Unterschied der Tageslänge weit geringer ist und die von der See herkommenden Luftströmungen eine stets fast gleichbleibende Temperatur zur nothwendigen Folge haben. Die Gröfse der jährlichen Schwankungen läfst sich aus den Maximis und Minimis ersehn, die in der bereits erwähnten Tabelle den mittleren Temperaturen derjenigen Orte beigefügt

1 Edinburgh Journ. of Science. N. III. p. 79.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 431.

3 Dessen Reisen im Südmeer. Weim. 1816. S. 5.

4 Vergl. Simonoff in Corresp. Astron. T. XIV. N. 3. Bibl. univ. T. XXXI. p. 296, wo dieses durch thermometrische Messungen auf Ste. Croix, Otaheiti, Rados u. s. w. nachgewiesen wird.

Digitized by Google

sind, deren Wärmeverhältnisse wir hinlänglich genau kennen, inzwischen bieten manche Gegenden besonders hervorzuhebende Eigenthümlichkeiten dar. Ganz der Regel gemäſs fand James Prior[1], daſs auf den Sechellen, kleinen Inseln unter 4° 30′ S. B., 56° östl. L. v. G., die Hitze selten über 30° C. stieg, und ebenso groſs war sie im Hafen von Isle de France unter 20° 10′ S. B., 57° 28′ östl. L. v. G., auf der Insel selbst zeigte aber das Thermometer in der Regel 2 bis 3 Grade mehr. Auf den Inseln der Südsee herrscht nach den Berichten der Seefahrer eine stets gemäſsigte, der des umgebenden Meeres fast gleiche Temperatur, namentlich schwankte sie auf Raiatea, einer der Gesellschaftsinseln unter 16° 40′ S. B. und 151° 30′ westl. L., nach ganzjährigen Beobachtungen von Threlkeld[2] zwischen 27°,17 und 24°,64. Gröſser muſs der Unterschied auf Trinidad unter 11° 30′ N. B. wahrscheinlich wegen des Einflusses der vom nahen Continente kommenden Luftströmungen seyn, denn Dauxion Lavayssé[3] erwähnt zwar, daſs daselbst nur zweimal in neun Jahren die Hitze bis 33°,89 stieg, auch giebt er an, daſs die Temperatur in der Regel bei Sonnenaufgang 26°,0 beträgt, nach Mittag bis 30° steigt und Abends bis fast 28° wieder herabsinkt, bemerkt aber an einer andern Stelle, daſs im Frühjahr die Wärme am Tage nur 25°,0 und bei Nacht nur 15° C. beträgt. Heineken[4] erhielt im ganzen Jahre zu Funchal auf Madeira unter 32° 36′ als Maximum 27°,78 und als Minimum 10°,56 C., wonach also dort ein Unterschied von 17°,22 statt findet; nie steigt die Wärme daselbst über 29°,44. Neu-Holland bietet bekanntlich in jeder Hinsicht die merkwürdigsten, auch keineswegs nur annähernd gelösten, Räthsel dar, und so auch in seinen Temperaturverhältnissen, sofern wir diese kennen, da uns das Innere noch ganz unbekannt ist und daher bloſs von dem Verhalten an den Küsten die Rede sein kann. Zu Port Macquarie auf Van-Diemens-Land unter etwa 42° S. B. beobachtete Thom. Bris-

---

1 Beschreibung einer Reise in den Indischen Meeren. Weimar 1819. S. 134 u. 109.

2 Edinburgh Journ. of Science. N. XX. p. 281.

3 Reisen nach den Inseln Trinidad, Tabago und Margarethe u.s.w. Weim. 1816. S. 60 u. 78.

4 Edinburgh Journ. of Science. N. XX. p. 281. Vergl. Philos. Magaz. and Annals of Phil. T. II. p. 363.

Digitized by Google

BANE[1] vom 1. bis 22. Juni ein Thermometer auf dem Schiffe, 13 Fuſs über dem Meeresspiegel, und ein zweites auf einem nahen Hügel von 65 Fuſs Höhe. Während dieser 22 Tage des dortigen Sommers war das Maximum 28°,33 und das Minimum 11°,11 C., das höhere Thermometer wich aber von dem tieferen im Mittel nur um — 3°,33 ab und die Extreme dieser Abweichung waren bei Sonnenaufgang — 5°,0 und bei Sonnenuntergang —1°,93. Der Unterschied des Maximums und Minimums, welcher 17°,22 beträgt, ist für die kurze Beobachtungszeit an der Küste eines so weit verbreiteten Meeres allerdings ausnehmend groſs, und wird dieses, weil das Maximum die mittlere Wärme der Luft über dem Meere unter jenen Breiten zur Winterszeit bedeutend übersteigt, wie aus JOHN DAVY's oben mitgetheilten Messungen der Temperatur unter noch niedrigern Breiten deutlich hervorgeht. Inzwischen läſst sich schon aus den Angaben von FLINDERS[2] abnehmen, daſs die Hitze auf Neuholland oft eine bedeutende Höhe erreicht. Er beobachtete unter 32° 16',5 S. B. am 31. Januar am Bord 25°,56, am Lande im Schatten 36°,67; am 6. Februar auf der Küste im Sande 51°,67, im Schatten 36°,67 und am Bord des Schiffes 28°,33; dagegen unter 34° 44' S. B. am 27. Febr. an der Küste um Mittag im Schatten nur 24°,44, am Bord aber zwischen 19° und 26°, unter 33° 52' S. B. im Juli an der Küste und am Bord übereinstimmend zwischen 11° und 21°, unter 22° 7' S. B. in der Mitte Septembers bei warmen Nordwinden am Bord nicht über 19°,5, unter den Zelten am Lande über 32°, unter 17° 42' S. B. im November am Bord zwischen 27° und 32°, am Lande aber bis 38°; unter 16° 30' im December am Bord im Mittel 29° und unter 12° 48' im Januar am Bord 28° bis 30°,56 und an der Küste bis 36°. Auf Neuholland findet noch auſserdem das merkwürdige Verhalten statt, daſs die Nord- und Nordwestwinde, die vom Lande her über die hohen, zum Theil noch unbekannten Berge kommen, also der Vermuthung nach kalt seyn müſsten, eine erstickende Hitze bringen. COLLINS[3] erzählt, daſs am 10. und 11. Febr. 1791 das Thermometer zu Sidney-Town unter 33° 30' S. B. durch den Einfluſs dieser heiſsen Winde im Schatten

1 Edinburgh Journ. of Science. N. XII. p. 249.
2 Reise nach dem Austral-Lande. Weim. 1816. S. 181 ff.
3 Account of New South-Wales. p. 153 u. 237.

Digitized by Google

auf 40°,55 C. stieg, und dazu war diese Hitze so anhaltend, dafs auf Rose-Hill Tausende der grofsen Fledermäuse umkamen und die Erde mit Vögeln verschiedener Art bedeckt war, die zum Theil aus der Luft erstickt herabfielen. Ein Sträfling begleitete seinen Herrn auf dem Gange nach der Küche und wurde dabei von einem Sonnenstiche getroffen, der ihn augenblicklich der Sprache und in weniger als 24 Stunden des Lebens beraubte. Auch im December 1792 war die Hitze unerträglich und dabei so grofse Dürre, dafs die Blätter vieler Küchenkräuter in Staub zerfielen; doch erreichte das Thermometer nur 37°,75 C., allein die heifsen Luftströmungen erstreckten sich bis zur Insel Maria, welche 250 engl. Meilen von Port Jackson entfernt liegt. Wenn man nun berücksichtigt, dafs die von Flinders unter 33° 52′ S. B. gemessene Temperatur von 11° schwerlich das Minimum aus mehreren Jahren ist und ebenso die von Collins angegebene von 37°,75 wohl nicht als absolutes Maximum gelten kann, so übertrifft der Unterschied der dortigen Wärme auf jeden Fall 27° C. Ein noch gröfseres Resultat geht jedoch aus dem hervor, was John Liddiard Nicholas[1] erzählt, dafs nämlich im Januar 1814 bei einem heifsen N.W.Winde die Hitze zu Sidney nicht weniger als 45°,56 erreichte, so dafs die Vögel in den Käfigen davon starben. Dessenungeachtet sinkt das Thermometer im Winter bis 5°,56 C. und es wird zolldickes Eis auf stehenden Wassern gebildet. Von der unglaublichen Hitze auf Neuholland giebt auch Sturt[2] Nachricht, welcher am 12 Dec. in der Nähe des Sees Budda neben dem Flusse Macquarie 53°,89 C. im Schatten beobachtete, und Winterbottom[3] hörte von einem Freunde, dafs einst das Thermometer zu Neusüdwallis acht Tage anhaltend auf 44°,44 C. gestanden habe, so dafs mehrere Papageien todt herabfielen. Uebrigens haben andere zu Hobart Town nur 35°,56 und meistens nie über 34°,4 beobachtet, zu Macquarie Harbour war 1823 die gröfste Hitze nur 34°,44, Oxley erhielt während seines Aufenthalts nie mehr als 27°,22 und Peron[4] versichert, dafs allerdings in gröfserer Entfernung vom Wendekreise, auf der

1 Reise nach Neuseeland. Weimar 1819. S. 390 u. 396.
2 Berghaus Annalen. 10. Jahrg. N. 108. S. 563.
3 Ebendaselbst N. 19. S. 188.
4 Dessen Reise von Freycinet. Weim. 1819. Th. II. S. 14 u. 122.

Digitized by Google

King-Insel unter 39° 50′ S. B. und 143° 50′ östl. L. das Thermometer im dortigen warmen Monate December selten über 18°,75 gestiegen sey, ja selbst bei der Decres-Insel an der südwestlichen Küste Neuhollands unter 35° 30′ betrug die Wärme im Januar meistens nur 23°,4, stieg aber ausnahmsweise auf der Insel selbst bis 34°,4. Die zuweilen an der Südostküste Neuhollands herrschende ganz unnatürliche Hitze mufs daher eine Folge der Nordwestwinde seyn, die über die ausgedehnte Landfläche herbeiströmen, und gehört zu den bis jetzt noch nicht erklärten Phänomenen, wenn anders die mitgetheilten Angaben volles Vertrauen verdienen.

Um die Abweichung dieses Unterschiedes von dem gewöhnlichen Gange der Temperatur auf Inseln und an Küsten hervorzuheben, können wir hiermit das von Kriel[1] zu Batavia unter 6° 12′ S. B. während eines Jahres erhaltene Maximum und Minimum vergleichen; jenes fiel in den August und betrug 30°,56, dieses dagegen in den November und betrug 23°,89, so dafs die Schwankung nicht 7° C. erreicht. Auch zu Timor, unterhalb Neuholland, im Mittel unter 42° S. B. und 147° 30′ östl. L., wird ein vollkommen insularisches Klima gefunden. Man unterscheidet allerdings die Jahreszeiten, allein sie gehen unmerklich in einander über und im Ganzen giebt es nur Winter und Sommer, Regenzeit und Trocknifs. Die Vegetation hört nie auf, Blätter, Blumen und Früchte erneuern sich im allgemeinen Wechsel. Im Sommer ist die Temperatur selten höher als 21° bis 23° C., die Abende sind aber stets kühl und schwüle Nächte giebt es dort nicht. Während dieser Zeit, von Mitte December bis Mitte April, darf man auf ungefähr 20 Regentage rechnen, in den drei folgenden Monaten herrscht etwa jedes dritte Jahr anhaltende Trockenheit, doch ist das Wetter angenehm, die Temperatur selten unter 15°,65, Juni und Juli zeichnen sich durch vermehrten Regen aus, die Temperatur sinkt selten unter 10° bis 12°,7, Schnee fällt nur ausnahmsweise und schmilzt um Mittag wieder[2].

Ueber Rio de Janeiro unter 23° S. B. sind eine Menge Angaben vorhanden, die aber nicht völlig mit einander über-

---

1 Edinburgh Journ. of Science. N. X. p. 269.

2 Adolph Schayer in Berghaus Ann. 1836. N. 135 u. 136. S. 312.

einstimmen, weil die meisten Reisenden mehr im Innern des Continents nur kurze Zeit beobachteten, im Ganzen geht aber hervor, daſs an der Küste die Wärme nur geringe Schwankungen zeigt, etwas tiefer im Lande desto gröſsere, die sich jedoch nicht völlig scharf bemessen lassen, weil die Angabe der Höhen der Orte über dem Meeresspiegel mangelt. Nach CALDCLEUGH[1] ist unter den dortigen Sommermonaten der Februar der heiſseste, und während die mittlere Sommertemperatur zwischen 24° und 29° wechselt, schwankt die des heiſsesten Monats zwischen 30° und 31°,2, stieg aber einmal bis 32°,78, die Temperatur der Wintermonate dagegen schwankt zwischen 12°,78 und 15°,56. LUCCOCK[2], welcher sich längere Zeit in jener Gegend aufhielt, giebt an, die Wärme erreiche zu Rio Janeiro nicht selten 35°,56, doch sey es in der Umgegend kälter. Ueber diese Kälte in Brasilien, etwas fern von der Meeresküste, berichtet ESCHWEGE[3], daſs nach FREIREIS die höchste Temperatur 31°,11 betrage, ja selbst bis 32° und 34° steige, in der Sonne sogar bis 45°,77, die niedrigste aber zu Rio Janeiro zu 20°,56 anzunehmen sey; inzwischen war im Monat Juli 1814 hinter Mariana eine solche beispiellose Kälte, daſs in mehreren Nächten fingerdickes Eis auf stehenden Wassern erzeugt wurde, viele Pflanzen zu Grunde gingen und eine Menge Fische starben. Bestimmter ist die Angabe von D'OLIVEIRA[4], wonach während 9 Monaten vom Januar bis September 1835 das Maximum mit 32°,22 auf den 1. Februar und das Minimum mit 18°,89 auf den 1. September fiel. Am genauesten ist die Aufgabe durch FREYCINET[5] behandelt worden, wonach die Temperatur wegen des nahen Meeres und der entfernteren hohen Berge im Ganzen mild ist, doch wird auf den Bergen von 830 Meter (2555 Fuſs) Höhe nicht selten eine Linie dickes Eis gebildet. Auf dem Schiffe Urania zeigte das Thermometer vom 6. Dec. 1817 bis 29. Jan. 1818 das Maximum = 26°,7 und das Minimum = 22°,0 C. Nach den Beobachtungen von BENTO SANCHEZ DORTA und von Anderen in den Jahren 1813 und 1814 fällt das Maximum in die Monate Januar und Februar,

1 Reisen im Südmeer. Weim. 1816. S. 15 u. 118.
2 Bemerkungen über Rio de Janeiro. Weim. 1821. S. 77.
3 Journal von Brasilien. Weim. 1818. Hft. I. S. 143. 177. 179.
4 Biblioth. univ. 1836. p. 373.
5 Voyage T. I. p. 96.

deren mittlere Temperatur 26°,64 beträgt, und übersteigt nie 34° C.; das Minimum fällt in den Juli und beträgt 19°,15. Wenn Caldcleugh[1] berichtet, dafs die Wärme in Chile nicht leicht über 24° steigt und im Winter nicht leicht auf den Gefrierpunct des Wassers herabgeht, in Niederperu aber zwischen 29° und 16°,11 wechselt, so ist diese Angabe zu unbestimmt wegen der langen Ausdehnung hauptsächlich des erstgenannten Küstenlandes, bestimmter dagegen läfst sich aus Stevenson's[2] Angaben die Temperatur zu Lima unter 12° S. B. erkennen, wonach das Thermometer in den Jahren 1805 und 1810 am höchsten im Monat Februar auf 26°,37 und am tiefsten im Juli und August auf 16°,11 stand, inzwischen zeigte dasselbe am 6. März 1811 in einem allseitig offenen Zimmer 26°,67, in der Luft aber, 5 Ellen von den Sonnenstrahlen, 30°,0 C., so dafs also das eigentliche Maximum in den zwei Jahren nicht gefunden wurde, und ebendieses mag auch mit dem Minimum der Fall gewesen seyn.

Auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung ist nach Herschel[3] die gröfste Hitze 38°,6, steigt aber gewöhnlich nicht bis 29°,44, in der Regenzeit höchstens bis 26°,67, beträgt meistens nur 21°,11 und fällt selten unter 18°,33; in der Nacht aber wechselt das Minimum zwischen 5° und 10°. Bestimmter geben vieljährige Beobachtungen von Colebrook[4] das Maximum daselbst zu 36°,56 und das Minimum zu 7°,22 C. an, wonach also doch eine für diesen Küstendistrict bedeutende Schwankung hervorgeht. Nach Freycinet[5] liegen die monatlichen Mittel aus Beobachtungen in den Jahren 1810, 1811 und 1812 zwischen 24°,39 im Januar und 14°,29 im Juni und geben im Mittel für das ganze Jahr 18°,92. Im Innern des Landes mufs der Unterschied noch gröfser seyn, denn die Reisenden reden oft von erlebter drückender Hitze und dann wieder von heftiger Kälte mit Schnee, allein eine scharfe Bestimmung der Extreme ist unmöglich, weil der Aufenthalt an den einzelnen Orten von obendrein unbekannter Höhe hierzu nie lange genug dauerte.

---

1 Reisen im Südmeer. Weim. 1816. S. 301 u. 404.
2 Reisen in Arauco, Chile, Peru u. Columbia. Weim. 1826. S. 99.
3 Frankfurter O.P.A. Zeit. 1834. N. 356.
4 Edinburgh Philos. Journ. N. XVI. p. 397.
5 Voyage T. I. p. 352.

Digitized by Google

Ueberblickt man indeſs die zahlreichen einzelnen Angaben der Reisenden über die Temperatur der Südspitze Africas, so geht auf jeden Fall aus ihnen hervor, daſs dieser Welttheil ebensowohl an jenem äuſseren Ende als in der Mitte unglaubliche Wechsel der Temperatur darbietet. Die Vergleichung wird am leichtesten, wenn man die Breite und die Temperatur der Capstadt am äuſsersten Ende als Hauptpunct annimmt. Dort unter 33° 55′ S. B. soll nach Burchell[1] die Wärme höchstens 38°,8 C. erreichen, übrigens sich zwischen 27° und 32° halten und nicht leicht unter 10° herabgehn, obgleich auf den nahen Bergen Schnee fällt[2]. Derselbe erhielt aber am 26. Septbr. unter 29° S. B. 33°,89 und am 8. Nov. sogar 37°,5, im Januar aber war meistens daselbst um 7 Uhr Morgens 24°,25 und Nachmittags 35°,5 mit Windstille an den heiſsesten Tagen. Knox[3] beobachtete zu Graaf Reynet unter 32° 11′ S. B. und 26° östl. L. v. G. in 1050 Fuſs Höhe über dem Meere während der Jahre 1818 und 1819 im Januar als Maximum 37°,78 und im Juli als Minimum 1°,11. Näher zum Aequator hin unter 27°,10′ S. B. und etwa 24° östl. L. v. G. erlebte Burchell im dortigen Winter am 3. Juli, daſs das Thermometer Mittags im Schatten 26° C. erreichte und dennoch Nachts auf 2°,75 herabging. Uebrigens war dort in der Ebene in diesem Monate bei heiterem Sonnenschein die Wärme Mittags meistens 21° C. Zu Littakun[4], gleichfalls unter 27° 7′ S. B. und 24° 30′ östl. L., war im Juli das Maximum 26°,11, das Minimum — 1°,95, im August waren diese Gröſsen 28°,33 und 6°,67, im September 31°,38 und 4°,44, mithin findet auch dort eine bedeutende tägliche, monatliche und gleichfalls jährliche Schwankung statt. Viele Messungen der Temperaturen im südlichen Africa hat Campbell[5] mitgetheilt, die ich wegen unserer noch immer sehr unvollständigen Kenntniſs dieses Welttheils hier zusammenstelle.

1 Dessen Reisen. Weim. 1822. Th. I. S. 56. 255. 364.

2 Campbell bemerkt, daſs unweit der Capstadt das Thermometer am 4. Febr. 37°,78 zeigte und in seinem Wagen am Tage nie unter 34°,44 herabging. S. dessen Reisen in Africa. Weim. 1823. S. 4.

3 Edinb. Phil. Journ. N. X. p. 230.

4 Burchell's Reisen in Africa. Weim. 1825. Th. II. S. 326. 456 und 519.

5 Reisen in Africa. Weim. 1823.

Digitized by Google

Breite	S.	Zeit	Temp.	Bemerkungen.
27° bis	26°	12. Apr.	25°,56	Mittag.
—	—	13. —	24,44	— Morgens 9°,44.
—	—	15. —	26,67	—
—	—	17. —	26,67	—
—	—	18. —	23,89	—
—	—	19. —	30,00	—
—	—	21. —	14,44	—
26 bis	25	25. —	24,24	—
—	—	28. —	15 56	— während der Regenzeit.
—	—	1. Mai	23,33	—
24		14. —	13,33	— beim Regen.
—		17. —	15,56	—
25°	30′	21. —	22,22	—
—	—	25. —	14,44	—
—	—	26. —	6,67	Morgens; 15°,56 Abends.
26	20′	27. —	5,56	— 21°,11 Mitt.; 5°,56 Abds.
27	—	20. Juni	3,33	— 23°,33 —
—	—	21. —	3,89	— 18°,3 —
—	—	22. —	1,67	— 12°,78 —
27°	12′	25. —	— —	— 0,5 Zoll dickes Eis auf dem Wasser.
—	—	30. —	—1,11	— mit zolldickem Eise; 21°,11 Mittags.
—	—	3. Juli	21,11	Mittags.
—	—	4. —	18,89	—; am Morgen 4°,44.
27	0′	8. —	4,00	den ganzen Tag bei Regen.
—	—	9. —	—1,11	Morg.; 3°,89 Mitt.; 11°,11 Abds.
—	—	13. —	15,56	Mittags.
28	5′	25. Aug.	22,22	—
—	—	27. —	28,89	—
32	10′	27. Sept.	31,11	—

Auf der Insel Mauritius[1] unter 20° 51′ S. B. war im Jahre 1834 das Maximum am 8. Jan. = 32°,7 und das Minimum am 15. Juni = 15° C. mit einem Unterschiede von 17°,7, den man auf einer so kleinen Insel und unter so geringer Breite blofs aus dem Einflusse der verschiedenen Luftströmungen erklären kann. Freycinet[2] giebt jedoch an, dafs nach achtjährigen Beobachtungen von Lislet Geofroy zu Port Louis die monatlichen Mittel zwischen 28°,48 im Januar und 21°,14 im August schwanken, die mittlere jährliche von 24°,85 sich bis auf 0°,1 alle Jahre gleich bleibt.

1 Biblioth. univ. Nouv. Sér. T. I. p. 160.
2 A. a. O. p. 367.

109) Es ist schwer, für die südliche Halbkugel eine hinlängliche Menge Beobachtungen aufzufinden, aus denen hervorgeht, daſs unter niederen Breiten nur auf Inseln und an den Küsten die Unterschiede der Temperatur-Extreme so gering sind, als man gewöhnlich annimmt, indem da vielmehr, im grellen Gegensatze mit dieser Voraussetzung, sogar innerhalb der Wendekreise tiefer im Lande zwar kein eigentlicher Wechsel der Jahreszeiten, wohl aber gröſsere Unterschiede der Wärme und Kälte statt finden, als an den europäischen Küsten selbst bis zum Polarkreise; für die nördliche Hemisphäre dagegen hat diese Aufgabe keine Schwierigkeit, und es läſst sich dann auch leicht darthun, daſs der auffallend gröſste Unterschied der Sommerwärme und Winterkälte im nördlichen Theile von Asien und von America gefunden wird. Die Zusammenstellung der wichtigsten hierher gehörigen Thatsachen wird dazu dienen, die Temperaturverhältnisse der verschiedenen Orte unserer Erde in ein näheres Licht zu setzen.

110) Auf einem Stationsschiffe in der Bai von Benin unter 6° N. B. beobachtete Marwood Kelli[1] von 1819 bis 1821 am 4. April 1820 als Maximum 31°,25 C. und als Minimum am 13. Aug. dieses Jahres 21°,97, was wohl als Beispiel einer stets nahe gleichbleibenden Temperatur gelten kann. Hiermit übereinstimmend giebt Monrad[2] die mittlere Temperatur auf der Goldküste unter 5° N. B. zu 28°,33 C. an, setzt aber hinzu, die Wärme steige weiter landeinwärts zuweilen bis 35° und 38° C. Nach 2jährigen Beobachtungen von Scarman[3] war zu Seringapatam unter 12° 25′ die Temperatur am kältesten Tage (13. Januar) bei Sonnenaufgang, 12°,73 stieg jedoch am Nachmittage bis 27°,17, am heiſsesten (25. April) dagegen war sie bei Sonnenaufgang 19°,44 und stieg am Nachmittage auf 39°,44, welches also einen Unterschied von 26°,71 C. giebt. Ganz anders ist das Verhältniſs zu Hawaii unter 19° 30′ N. B. und 155° 15′ W. L., wo die Missionäre[4] das Maximum im August = 31°,11 und das Minimum im Januar = 15° erhielten, also ungeachtet der insularischen Lage doch immer noch ein Unterschied von 16°,11. Orte, welche etwas weiter von der

1 Annals of Philos. 1823. Mai. p. 360.
2 Gemälde der Küste von Guinea. Weim. 1824. 8.
3 Edinburgh Journ. of Science. N. X. p. 249.
4 Ebendaselbst. N. X. p. 370.

Digitized by Google

Küste entfernt liegen und in der Nähe keine hohen Berge haben, aus deren Thälern kalte Luftmassen herabfliefsen, unterliegen durch den Einflufs der Sonnenstrahlen unglaublichen Graden von Hitze, allein nicht alle zeigen gleiche Grade von Kälte und der Unterschied der Extreme ist daher verschieden. So zeigte nach v. HUMBOLDT[1] der Sand in den Llanos von Venezuela Nachmittags 2 Uhr meistens 52°,5, zuweilen sogar 60° C.; die Temperatur der Luft im Schatten eines Bombax betrug 36°,2, in der Sonne aber, 18 Fufs über dem Boden, zeigte das Thermometer 42°,8; in der Nacht hatte der Sand nur noch 28°, also über 24° verloren. Ueber dem Rasen neben den Wasserfällen des Orenoco steigt die Temperatur nicht über 30°, während die Luft 26° hat, der anstehende Granit sich aber bis 48° erhitzt. America zeigt übrigens in seinem südlichern Theile keineswegs auffallend hohe Grade der Wärme und tiefe der Kälte; die Temperatur ist dort durch den Einflufs des Meeres und hoher Gebirgsketten, die vielen mächtigen Strömen den Ursprung geben, milder und weniger zwischen weit von einander abstehenden Extremen schwankend, als die zwei andern Continente zeigen, denn die Wärme steigt nach v. HUMBOLDT[2] nur selten über 38° C. und ging zu Vera Cruz unter 19° 9′ N. B. während 13 Jahren nie über 35°,6 hinaus. Dagegen berichtet der Capitain TUCKEY[3], dafs auf seiner Station auf dem rothen Meere im Jahre 1800 das Thermometer um Mitternacht 36°, nie weniger als 34°,4, um Sonnenaufgang aber 40° und um Mittag 44° oder 45° gezeigt habe, eine Hitze, welche dem Meere nicht zukommt und daher blofs durch die über die benachbarten Sandwüsten herbeiströmenden Luftmassen verursacht werden konnte, wenn anders die Messung genau ist. Ueber jenen Ebenen steigt die Temperatur selbst im Schatten leicht auf 43° C., der Sand verbrennt die Füfse, und die Franzosen[4] mafsen sogar am 22. Sept. 1799. bei Ombos oberhalb Syene einige Fufs über dem Boden 54° C. Auch THOM. LEGH[5] beobachtete auf seiner

1 G. LXV. 38. Vergl. Reisen. D. Ueb. Th. III. S. 70. 249. 286 u. a. a. O.

2 Gehlen's Journ. Th. II. S. 525.

3 Nach ARAGO in Ann. Chim. et Phys. T. XXVII. p. 429.

4 Déscription de l'Egypte. Ch. 4.

5 Reise durch Aegypten u. s. w. Weim. 1818. S. 69.

Digitized by Google

Reise durch Aegypten oberhalb der Katarakten in der Gegend von Essuan (unter 23° N. B.) die Temperatur im Sande = 51°,67 C., im Freien im Schatten 35°,56 und in der Cajüte des Schiffes auf dem Nil 30°. Vieljährige Thermometerbeobachtungen würden sicher noch gröſsere Extreme darbieten, und es scheint also, daſs Aegypten durch seine Begrenzung und den Einfluſs des Nils gegen die äuſserste Hitze der africanischen und asiatischen Wüsten nicht geschützt ist. Russegger[1] hat sogar gefunden, daſs unter dem 15ten Grade N. B. die Temperatur höher ist, als weiter südlich. Dort beobachtete er häufig im Schatten 43°,75 und selbst 46°,25, statt daſs zwischen den Parallelen von 10° und 13° die höchste Temperatur im Schatten nur 43°,12, die niedrigste 21°,62 betrug, und dabei trat das Maximum zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags, das Minimum bei Sonnenaufgang ein. Die Abnahme der Temperatur in den dortigen südlichern Gegenden ist ohne Zweifel eine Folge gröſserer Höhe über der Meeresfläche oder benachbarterhoher Berge. Wie tief die Temperatur dort herabgegangen sey, um danach den Unterschied der Extreme zu bestimmen, finde ich nicht angegeben, inzwischen haben wir andere Messungen, die auf bedeutende Schwankungen der Wärme, mindestens im Innern von Africa, schlieſsen lassen. Nach Bowdich[2] war zwischen 5° 34′ und 5° 59′ N. B. vom 26. April bis 2. Mai 1817 das Maximum 31°,67 und das Minimum 23°,33 mit einem unbedeutenden Unterschiede, allein in so kurzen Zeiträumen pflegt sich die Temperatur auch dort in geringer Entfernung von der Küste nicht auffallend zu ändern. Ganz der früheren Ansicht zuwider, wonach man jenem Welttheile eine immerwährende brennende Hitze beizulegen pflegte, bemerkt Mollien[3], daſs es zwar am Tage brennend heiſs ist, denn unter 15° N. B. zeigte das Thermometer im Schatten 40° C., allein die Kühle der Nacht nennt er dort erquickender, als in Europa, mit dem Zusatze, daſs man die Kälte mehr als die Hitze zu fürchten habe, nach derjenigen zu urtheilen, die er dort im Februar empfand. Ali Bey el

1 Zeitschrift von Baumgartner und v. Holger. Th. V. S 261.

2 Missionsreise. Weim. 1820.

3 Reise in das Innere von Africa. A. d. Franz. Weim. 1820. S. 38. 58. 159.

Digitized by Google

Abassi[1] hat häufig an den Orten, wo er sich gerade befand, die Temperaturen aufgezeichnet, woraus zwar nicht die Extreme zu entnehmen sind, wohl aber im Allgemeinen die Temperaturverhältnisse jener Gegenden. Auffallen mufs es schon, wenn er sagt, dafs zu Fez unter 34° 6′ N. B., 5° W. L. v. G. das Thermometer nie unter — 5° herabsinkt; zu Semelalia aber, unweit Marocco unter 31° 30′ N. B., zeigte das Thermometer am 31. Juli 45° C.; am 1. December des folgenden Jahres in der Sonne 51°,25 und im Schatten nur 26°,45; am 5. desselben Monats um 10 Uhr Morgens in der Sonne 47°,5, um 1 Uhr im Schatten nur 21°,75; die gröfste Wärme war am 2. und 3. Septbr. im Schatten 43°,5, die geringste am 18. Decbr. um 5 Uhr Morgens — 8°,75, mithin betrug der Unterschied der Extreme doch 52°,25 C. Dafs die gröfste Wärme zu Mecca unter 21° 30′ N. B. im Monat Februar am 5ten Abends bei Sonnenuntergang 29°,37 und die geringste am 16ten Morgens bei Sonnenaufgang 20°,0 C. betrug, dafs ferner das Thermometer zu Medina unter 24° 35′ N. B. am 3. Apr. im Schatten 35° und zu Yenboa unter 24° 7′ N.B. am 14. April 33°,75 C. zeigte, beweist genügend die dort herrschende hohe Temperatur, und dennoch war zwischen Gadiyahia und Suez am rothen Meere unter 28° N. B. am 15. Mai in der Nacht die Kälte so heftig, dafs die Reisenden am ganzen Leibe zitterten, ja bei Suez unter 30° N. B. zeigte das Thermometer am 11. Juni Abends bei Sonnenuntergang nur 8°,75 und stieg am 12ten um halb 9 Uhr Abends auf 48°25, am 13ten Abends 6 Uhr auf 52°,5, von welcher Höhe es schon um 7 Uhr auf 46°,55 herabging. Die asiatische Küste scheint durch die Nähe des Meeres und den Einflufs der Berge gegen solche beträchtliche Wechsel geschützt zu seyn, denn zu Gaza unter 31° N. B. zeigte das Thermometer im Juli zwar 47°,15, stieg aber in diesem ganzen Monate zu Jerusalem unter 31° 46′ N. B. nie über 30° C. und ging am Morgen meistens bis 21°,55 wieder herab.

111) Ueber den bedeutenden Wechsel der Temperatur an der Nordküste Africas haben schon die neuesten Nachrichten von der Expedition der französischen Truppen nach Constantine im

---

1 Reisen in Africa und Asien. D. Ueb. Weim. 1816. S. 107. 172. 175. 289. 345. 350. 383. 385.

Allgemeinen Auskunft gegeben, noch bestimmter geht dieses aus den Messungen des Dr. P. della Cella[1] an einigen etwas südlicher liegenden Orten hervor. Dieser beobachtete landeinwärts von Tripolis (32° 30′ N. B.) am 14. Febr. Morgens 5 Uhr 5° C., Mittags im Schatten 20°, zwischen Mesurate (32° N. B.) und Lubey aber am 22sten desselben Monats — 6°,25, und dennoch stieg die Wärme um 2 Uhr Nachmittags bis 23°,75, am 23sten aber ging um Sonnenaufgang das Thermometer bis — 10° C. herab und stieg am Mittage bis 28°,75. Winterbottom[2] sah im westlichen Africa nicht weit vom Aequator das Thermometer im Schatten auf 39°,44 und auf dem Boden bis 59° steigen, im nördlichen Theile der Sierra Leone, etwa 9° N. B., jedoch nur bis 37°,47 und bei Sonnenaufgang zeigte es nur 20° C. Am genauesten aber sind die merkwürdigen Temperaturverhältnisse im Innern von Africa aus den Berichten der kühnen Reisenden Denham und Clapperton bekannt geworden[3]. Zu Bornu und in der Umgegend, zwischen 12° und 15° N. B. und etwa 15° östl. L. v. G., war die Hitze selbst im Schatten unerträglich; am 20. Apr. zeigte das Thermometer in der Hütte 45° C. und hielt sich einige Stunden auf dieser Höhe, nachdem es schon früher eine kurze Zeit auf 39°,44 und 41°,11 gestanden hatte. Während der Regenzeit ging es bedeutend herunter und zeigte nach derselben im September 31°,67, ja am 26sten 36°,67. Im April des folgenden Jahres hielt es sich meistens auf 39° bis 40°, fiel aber zu Murzuk unter 28° N. B. im November auf 5° C. Im Allgemeinen steigt die Wärme vom Monat März bis Ende Juni vom Aufgang der Sonne an bis Mittag, erreicht dann das Maximum von 41°,11, nimmt wenig ab und ist während der Nacht nicht geringer als etwa 37°,78, erreicht aber ihr Minimum von 30°,57 um Sonnenaufgang. Während dieser Periode herrschen Süd- und Südost-Winde, es folgt dann die zweite Regenzeit und hierauf der Winter, während dessen bei Nordwest-Winden das Thermometer Morgens 14°,44 zeigt und am

---

1 Reise von Tripolis an die Grenze von Aegypten. Weim. 1821. S. 19 und 43.

2 Edinburgh Phil. Journ. XIX. p. 188.

3 Beschreibung der Reisen und Entdeckungen im nördlichen und mittleren Africa. Weim. 1827. II. Th. 8. S. 187. 297. 366. 432. 445. 488. 495. 509. 576.

Tage nie über 24° steigt. In dieser Periode zeigen sich die dort ganz unerwartet hohen Grade der Kälte. CLAPPERTON erzählt, daſs auf seiner Reise von Kooka nach Saccatao unter 12° 30′ N. B. und etwa 12° östl. L. v. G. an Orten, die mindestens der Beschreibung nach nicht etliche Tausend Fuſs Höhe hatten, am 27. Decbr. Morgens das Wasser in den Schläuchen gefroren war; am 28sten des Morgens zeigte das Thermometer 7°,22, am 31. Decbr. 5°,56, am 4. Januar am Tage, aber bei herrschendem Nebel, 8°,89, am 14. Jan. 11°,11, aber am 8. März war die Wärme etwas weiter westlich schon bis 32°,78 im Schatten gestiegen. Auf gleiche Weise beobachtete LANDER [1] zu Saccatao um die Mitte des März im Jahre 1827 um Mittag 41°,67 und um 3 Uhr 42°,78 im Schatten, aber dennoch war es zuweilen kühl, ja sogar empfindlich kalt. Solche tiefe Kältegrade in jenen tropischen Gegenden scheinen mir nur einzelne, kurz dauernde Ausnahmen zu seyn, deren Ursache ich zum groſsen Theile in dem Einflusse kalter, hauptsächlich aber trockner Luftströmungen suchen möchte, denn DENHAM [2] theilt den Gang der Temperatur, wie sie von den Reisenden während mehr als eines ganzen Jahres beobachtet wurde, und den Zusammenhang derselben mit den Windrichtungen mit, ohne dabei die von CLAPPERTON auf seiner Reise empfundene groſse Kälte besonders hervorzuheben. Hiernach wehten vom 15. März 1823 bis Mitte Mai östliche und nordöstliche Winde, vom 12. Mai bis Ende Juli aber westliche und nordwestliche; der heiſseste Tag war der 20. April mit 30°,56 am Morgen, 38°,8 um Mittag und 41°,67 um 3 Uhr Nachmittags; übrigens waren die mittleren Temperaturen zu denselben Tagszeiten bei östlichen Winden 25°,56, 35°,56 und 38°,89, bei westlichen dagegen 24°,44, 36°,11 und 37°,22. Vom 1. Aug. 1823 bis 13. Mai 1824 fiel fast täglich Regen und das Thermometer zeigte in der ersten Zeit zu den genannten Stunden von 24° bis 26°, von 25° bis 30°,56 und von 31°,11 bis 39°; vom 15. bis 20. Decbr. zeigte es im Mittel 20°, 23°,33 und 24°,44 bei N.O.Winde; am 31. Dec. 14°,44, 18°,89 und 22°,78 bei gleichem Winde; am 5. Juni 1824 aber 31°,67, 37°,78 und 38°,89. Zu Kano war vom

1 R. LANDER's Tagebuch der zweiten Reise des Cap. CLAPPERTON Weim. 1830. S. 358.

2 A. a. O. p. 718.

Digitized by Google

21. Jan. bis 21. Febr. bei N.O.Wind das Minimum am 13. Febr. 18°,89, 22°,78 und 23°,33; das Maximum am 20sten Febr. 27°,78, 30°,00 und 30°,56; zu Saccatao endlich war vom 16ten März bis 10ten April und von da bis 3ten Mai zuerst bei O.N.O.Winde: Maximum 28°,89, 37°,78 und 40°, das Minimum aber 23°,33, 35°,0 und 36°,67, nachher bei S.W. Winde das Maximum 28°,89, 40°,0 und 42°,22, das Minimum aber 25°,56, 27°,22 und 27°,78. Aus diesen Angaben geht nur eine grofse Wärme hervor, keineswegs aber eine unerträgliche Hitze und dann wieder eine unglaublich empfindliche Kälte, wie man neuerdings zu grofser Ueberraschung im Innern von Africa wahrgenommen hat, allein wir dürfen dennoch an der Richtigkeit der oben mitgetheilten Angabe von Clapperton nicht zweifeln, denn die äufsersten Grade der Hitze und Kälte nehmen zu, sobald man sich weiter von der Küste entfernt, wie denn auch Bowdich[1] bemerkt, dafs schon zu Ashantee (6° 30′ N.B.) die Kälte zwischen 4 und 6 Uhr Morgens weit empfindlicher sey, als zu Cape-Coast-Castle.

112) Entfernen wir uns von Mittelafrica durch Europa in nördlicher Richtung, so findet sich bald, dafs die Unterschiede der Extreme mit der Zunahme der Breite und der Entfernung von der Küste zunehmen. Für diese ganze Strecke sind so viele und zugleich genaue Messungen bekannt, dafs man sich nur auf einige interessantere beschränken mufs. Dahin gehört wohl vorzüglich das Resultat, welches Libri[2] durch die Vergleichung der alten bekannten Thermometer der Akademie del Cimento mit neueren aufgefunden hat, dafs nämlich das Minimum der Temperatur in Toscana 44° N. B. während 15 Jahren im 17ten Seculum einmal −6°,25 und einmal −11°,25 C. war. Setzen wir nun das Maximum dort auf 37°,5, so giebt dieses einen Unterschied von 48°,75. Weit gröfser ist derselbe zu Wien, wo nach Baumgartner[3] während der neun Jahre von 1821 bis 1829 der höchste Thermometerstand im Jahre 1824 von 36°,25 und der tiefste im Jahre 1829 von −20° C. beobachtet wurde, was einen Unterschied von 56°,25 C. giebt. Einen weit gröfseren Abstand der Extreme, vielleicht den gröfsten in Europa, trifft man in den Ebenen

1 Missionsreise. Weim. 1820. 8. S. 419.

2 Poggendorff Ann. XXI. 330.

3 Wiener Zeitschr. Th. VI. S. 299. VII. S. 396.

Digitized by Google

Ungarns, nur sind keine genauen Messungen darüber bekannt. Inzwischen versichert Wimmer[1] an mehreren Tagen Morgens 25°, um 2 Uhr Nachmittags 42°,5 und Abends 27°,5 C. beobachtet zu haben, und dennoch sey an eben jenen Orten in der Nacht vom 29sten auf den 30sten Januar 1816 der Weingeist gefroren. Ist hier nur von mäfsig reinem Spiritus die Rede, so würde es doch auf eine Kälte von — 40° bis — 50° C. schliefsen lassen. Dort, wie in den tropischen Continenten, wechseln heifse Tage mit kühlen Nächten. Zu Cheissac in der Auvergne[2], 470 Meter über dem Meere, war 1833 das Maximum am 13ten Aug. = 27°,5 und das Minimum am 2ten Jan. = 2°,7. Für Paris unter 48° 50′ N. B. geben Cassini[3] und Arago[4] die Maxima und Minima der Thermometerstände an; sie waren ersteres im Jahre 1793 am 8ten Juli = 38°,4, welchem das im Jahre 1803 mit 36°,7 am nächsten kam, und letzteres im Jahre 1793 am 25sten Januar = — 23°,5, welchem das am 13ten Januar 1709 von — 23°,1 sich am meisten nähert. Zu Strafsburg unter 48° 35′ wird als höchste Temperatur 35°,9 und als niedrigste die am 26sten Dec. 1798 beobachtete von — 25° C. angenommen. Zu Carlsruhe[5] unter 29° 1′ N. B. war in 44 Jahren die höchste Temperatur am 3ten Aug. 1783 = 36°,62 und die geringste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,9. Hier in Heidelberg unter 49° 24′ N. B. war während 18 Jahren der höchste Thermometerstand am 14ten Juli 1832 = 36°,25 und der tiefste am 18ten Febr. 1827 = — 26°,25. Zu Arnstadt[6] unter 50° 49′ N. B. war während 10 Jahren die gröfste Wärme am 3ten August 1826 = 34°,75, das Minimum am 23sten Januar 1823 und 2ten Februar 1830 = — 28°,5. Man sieht schon aus diesen Angaben, dafs selbst in Deutschland die Maxima und Minima nicht auf gleiche Tage, ja sogar nicht in die nämlichen Jahre fallen, so dafs also selbst über einen so kleinen Landstrich die Temperatur durch partielle Ursachen bedingt

1 Berghaus Annalen 1836. Juni u. Juli. S. 332.
2 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.
3 Mém. de l'Institut. T. IV. p. 360.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 415.
5 Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Carlsruhe von Dr. Eisenlohr. S. 38.
6 Lucas in Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.

Digitized by Google

wird, obschon sich diese im Ganzen bald wieder ausgleichen. So beobachtete auch VOIGT[1] zu Jena unter 50° 56′ N. B. am 13ten Juli 1807 die seit vielen Jahren ungewöhnliche Hitze von 37°,5, in Leipzig unter 51° 20′ stieg dieselbe im Jahre 1755 auf 38° C. und als gröfste Kälte mafs HINDENBURG daselbst — 30° am 17. Dec. 1788, nachdem sie schon am 28sten Febr. 1785 = — 28°,5 gewesen war. Zu Boritz, 3 Stunden von Meifsen, betrug die gröfste Kälte am 23sten Jan. 1795 sogar — 31°,25, und da im Jahre 1827 die Kälte an einigen Orten des nördlichen Deutschlands wohl noch tiefer herabging, als im Jahre 1795, die dort nur auf wenige Stunden beschränkten höchsten Grade der Hitze aber schwerlich genau aufgezeichnet worden sind, so darf man annehmen, dafs im südlichen Deutschland die Extreme nicht über + 37°,5 und — 28°, im nördlichen aber nicht über + 38° und — 32° C. hinausgehn. Dafs diese Extreme jedoch zu jeder Zeit nur auf einzelne Districte beschränkt sind, wenn gleich die Temperatur im Ganzen den nämlichen Charakter allgemeiner zeigt[2], unterliegt keinem Zweifel, da im Februar 1827 das Maximum der Kälte in Frankfurt geringer war als hier in Heidelberg und in Heidelberg geringer als in Carlsruhe, statt dafs am 23sten Jan. 1823 das Thermometer hier bis — 17°, in Frankfurt dagegen bis — 21°,25 herabging. W. BRANDES[3] stellt folgende am 31sten Dec. 1783 beobachtete, keineswegs mit den Breitengraden der Orte übereinstimmende Temperaturen zusammen: in Würzburg — 27°,5, in Regensburg — 25°, in Mannheim und Göttingen — 22°,5, in Metz, Prag und Sagan — 21°,5, in Paris, Amsterdam, Franecker und Hamburg — 20°, im Elsafs — 23°,75, in Danzig und Berlin — 16°,75. Auch die Gröfse der Oscillationen im Ganzen weichen in Europa zwischen dem 48sten und 54sten Breitengrade nicht unbedeutend von einander ab, wie aus folgender Tabelle von EGEN[4] deutlich hervorgeht.

---

1 Allgem. Lit. Zeit. 1807. Int. Bl. S. 572.

2 Auch hiervon giebt es Ausnahmen; denn unter andern waren die Monate Mai, Juni und Juli des Jahres 1836 hier zu Heidelberg ausnehmend trocken und daher auch warm, in Göttingen bis Hamburg hin aber feucht und insofern auch kalt.

3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 215.

4 Berghaus Annalen. Th. V. S. 327.

Digitized by Google

Orte	Breite	Max.	Min.	Schwankungen mittlere	Schwankungen größte
Paris . . .	48°50′	32°,61	— 9°,51	42°,12	50°,00
Stuttgart .	48 46	33,27	— 15,92	49,19	57,50
Regensburg	49 1	31,22	— 16,70	47,92	58,75
Elberfeld.	51 15	30,21	— 13,56	43,77	60,00
Halle . . .	51 29	33,62	— 17,00	50,62	57,50
Berlin . .	52 31	32,03	— 17,81	49,84	62,50
Lüneburg	53 15	30,84	— 16,15	46,99	63,75
Hamburg	53 33	30,00	— 16,42	46,42	65,00
Cuxhaven	53 21	30,00	— 14,50	44,50	55,00
Drontheim	63 26	— —	— —	— —	52,50

113) Wenden wir uns weiter östlich, so wachsen die Extreme, wenn nicht die Nähe des Meeres sie wieder herabdrückt. Zu Constantinopel ist die Temperatur nach Ali Bey el Abassi[1] im Ganzen mild, das Thermometer steigt jedoch im Sommer leicht bis 36° C. und sinkt im Winter mehrere Grade unter den Gefrierpunct des Wassers herab, ohne dafs ich jedoch die Grenzen der Wärme und Kälte genau anzugeben vermag. Odessa[2] unter 46° 29′ hat ungleiche Winter, einige sind sehr gelind, andere und die meisten sehr streng, so dafs der Hafen zuweilen 30 bis 60 Tage anhaltend vom Eise geschlossen ist. Die höchste Temperatur daselbst fällt in den Juni mit 31°,25, die niedrigste in den Januar mit — 28°,75, jedoch glaube ich nicht, dafs dieses die Extreme aus vielen Jahren sind, wenigstens steigt die Hitze im Sommer ausnahmsweise gewifs höher. Dieses wird auf jeden Fall sehr wahrscheinlich durch die Resultate der genauen Beobachtungen von Cumani zu Nicolajew unter 46° 58′ 30″ N. B., die durch Kupffer[3] mitgetheilt worden sind, wonach in den Jahren 1827 bis 1830 das Maximum daselbst im Juni 1827 nicht weniger als 37°,5 und das Minimum im Januar 1828 — 30°,62 betrug. Durch ebendiese Gelehrten kennen wir auch die Temperaturverhältnisse zu Sebastopol unter 44° 35′ N. B. aus Beobachtungen in den Jahren 1828 bis 1830, wonach dort das Maximum im August 1828 nur 37°,4 und das Minimum im Januar 1829 nicht mehr als — 18°,4 betrug, mit einem ge-

1 Reisen in Africa und Asien a. a. O.
2 Kastner Archiv. Th. VII. S. 126.
3 London and Edinb. Phil. Mag. N. II. p. 133.

ringeren Unterschiede wegen der insularischen Lage und geringeren Polhöhe des letzteren Ortes. Petersburg unter 59° 56′ N. B. bietet ungeachtet seiner Lage an der einen Spitze der Ostsee einen bedeutenden Abstand der Extreme dar. Nach Placidus Heinrich[1] war daselbst die gröſste Kälte am 4ten Febr. 1772 = — 49°,87, die geringste Winterkälte im December 1791 = — 15° C., die gröſste Hitze dagegen im Juli 1788 = 33°,4, die kleinste Sommerwärme im Jahre 1790 = 23°,4. Der Unterschied der Extreme dort beträgt also nicht weniger als 83°,27 C. Ungleich geringer finden wir dieselben an der Westküste Europa's, namentlich in Groſsbritannien und Norwegen, wie sich aus einigen genauen Angaben leicht entnehmen läſst. Für Maestricht unter 50° 49′ N. B. giebt das Jahr 1830 nach Quetelet[2] als Maximum 32°,1 und als Minimum — 19°,3 C., die ganze Reihe der Jahre von 1818 bis 1830 aber giebt als Maximum 38°,8 im Jahre 1826 und als Minimum — 22°,9 im Jahre 1823; für Brüssel unter 50° 51′ N. B. findet derselbe[3] aus einer langen Reihe vieljähriger Beobachtungen 35° als Maximum und — 20°,7 als Minimum; auf der Insel Man unter 54° 20′ waren nach R. Stuart[4] von 1822 bis 1829 und wiederum von 1824 bis 1830 das Maximum = 23°,89 im Jahre 1826 und das Minimum = — 5°,56 im Jahre 1823. Etwas gröſser ist der Unterschied der Extreme, obgleich nur aus den Jahren 1826 und 1827, auf der gegenüber liegenden Seite zu Canaan Cottage unweit Edinburg unter 55° 56′ N. B., wo das Maximum nach Adie[5] 27°,78 und das Minimum — 11°,11 betrug. Auf der Südküste zu Penzanze unter 50° 11′ N. B. war nach Giddy[6] von 1821 bis 1827 das Maximum = 28°,89 im Jahre 1825 und das Minimum = — 4°,44 im Jahre 1827. Zu Kinfauns

1 Schweigger's Journ. 1813. Hft. IV. Vergl. Ann. of Philos. New Ser. T. IV. p. 15.

2 Correspondance Astron. et Phys. T. VII. p. 182. Aperçu hist. p. 37.

3 Aperçu historique des Observ. de Météorologie. Brux. 1834. p. 17. 21.

4 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXI. p. 152. Edinb. Journ. of Sc. N. IV. p. 249. N. X.

5 Edinburgh Journ. of Science. N. XVII. p. 187.

6 Ebend. N. XVIII. p. 170.

Digitized by Google

Castle[1] unter 56° 23′ N. B. fallen die stärksten Extreme, die ich angegeben finde, in das Jahr 1820, indem das Maximum 26°,11 und das Minimum — 18°,33 betrug. Mehr im Innern von England steigt die Temperatur höher, denn Heberden[2] giebt an, dafs die Wärme am 18ten Juli 1826 zu Datchet in Buckinghamshire unter 51° 45′ N. B. auf 35°,56 C. gestiegen sey, auch erreichte sie nach den Registern der Royal Society am 13. Juli zu London 34°,16, während Cavendish zu Clapham 35°,56 beobachtete; eine gröfsere Kälte, als die angegebene von — 18°,33, dürfte aber schwerlich vorkommen, weil das Land nicht ausgedehnt genug ist, um ein Continentalklima zu haben. Auf den Faröer-Inseln[3] unter 62° N. B. und 7° W. L. v. G. wurde während vier Jahren als Maximum 22°,49 und als Minimum — 7°,49 beobachtet, selbst auf Island unter etwa 63° bis 65° N. B. soll nach Mackenzie[4] die Hitze bis 21°,11 steigen, die gröfste Kälte aber nur bis — 37°,21 herabgehn, und sogar bei Spitzbergen, so abschreckend auch das Bild ist, welches die Vorstellung sich von der dort herrschenden ewigen Erstarrung entwirft, fand Parry[5] im Sommer 1827 die Temperatur mild, und Crowe aus Hammerfest, welcher kurz vorher auf der Südwest-Seite der Insel unter 78° N. B. überwintert hatte, erzählte, dafs er um Weihnachten daselbst Regen erlebt habe. Allerdings gehört dieses nur zu den Ausnahmen, und zu bedauern ist, dafs niemand dort die Wintertemperatur gemessen hat; inzwischen giebt Parry an, dafs die höchste vom 25sten Juni bis 10ten Aug. zwischen 81° 15′ und 82° 44′ N. B. gemessene Temperatur am 28sten Juni 6°,11 C. betrug; die niedrigste war mehrmals — 2°,22. Das Mittel betrug jedoch 0°,72; zwischen 71° 28′ und 80° 50′ war am 1sten Mai bis 1sten Sept. das Maximum am 19ten Juli = 12°,78 und das Minimum am 19ten Mai = — 11°,11, das Mittel aber 1°,72. In den Registern von

1 Edinburgh Philos. Journ. N. VIII. p. 442. Vergl. ebend. N. XLI. p. 112. u. New Phil. Journ. N. XXXII. p. 389.

2 Philos. Trans. 1827. p. 69.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXV. p. 163.

4 Reise durch d. Insel Island. Weim. 1815. p. 295.

5 Account of an attempt to reach the North-Pole. p. 137. und Appendix.

Digitized by Google

Scoresby[1] finde ich, allerdings nur für die Sommermonate, in der Nähe von Spitzbergen als Maximum 8°,89 am 24sten Juli 1818 unter 79° 8' N. B. und als Minimum in ebendiesem Monate, welches gleichfalls in das Jahr 1818 gehört, — 2°,22 unter 76° 25' N. B. angegeben, letzteres am 13ten und ersteres am 24sten Juli. Vorzüglich beachtenswerth ist, daſs am Nord-Cap unter 71° N. B. an der äuſsersten Spitze der skandinavischen Halbinsel das Quecksilber und selbst das Meer nicht gefriert, indem die Temperatur selten unter — 10° oder — 12° und wohl nie unter — 14° herabsinkt[2], meistens nur bis — 6°,5 C. In Bergen-Stift[3] dagegen, unter 60° 10' N. B., steigt die gröſste Hitze des Sommers in der Regel nur bis 16° C., erreichte aber im ungewöhnlich warmen Sommer 1808 die Höhe von 26° C., und zugleich beträgt die gröſste Winterkälte — 28° C.; Tönset aber, 3100 Fuſs über der Meeresfläche, ist wegen seiner Kälte bekannt, indem dort in jedem Winter das Quecksilber zu gefrieren pflegt, und in Torneä unter dem Polarkreise (66° 30') steigt die Sommerwärme bis 25°, die Kälte erreichte aber im Jahre 1812 am 28sten Nov. schon — 32°,5, geht nicht selten bis — 50° C. herab und betrug ausnahmsweise im Jahre 1810 sogar — 58°,5 C.

Hauptsächlich haben wir aber jetzt noch die beiden Länderzüge zu betrachten, deren einer durch Mittelasien, der andere durch die Mitte von Nordamerica geht, wo der Unterschied der höchsten und tiefsten Temperaturen bei weitem am gröſsten ist, und zwar hauptsächlich unter etwas höheren Breiten, jedoch auch unter mittleren und selbst niederen, wenn nicht örtliche Bedingungen einen merklichen Einfluſs äuſsern. Dabei ist nicht zu übersehn, daſs die angegebene Lage dieser Länderstrecken, wonach sie im Mittel unter 90° östl. und 90° westl. Länge gesetzt sind, nur als eine annähernde und ungefähre Bestimmung gelten kann, indem die einzelnen Orte um 10 und mehr Längengrade nach beiden Seiten von dieser Grenze abweichen.

114) Fangen wir mit Indien an, so stehen uns die bereits erwähnten Beobachtungen von Scarman[4] zu Seringapa-

1 An Account of the Arctic Regions. T. I. App.

2 Edinburgh. New Phil. Journ. N. X. p. 307.

3 Bedemar Reisen. Th. I. S. 167. 244. Th. II. S. 180.

4 Edinburgh Journ. of Science. N. X. p. 250.

Digitized by Google

tam unter 12° 25′ N. B. vom Jahre 1814 und 1816 zu Gebote, wonach dort der kälteste Tag, der 13te Januar, 8°,89 und der heiſseste, der 25ste April, 46°,11 C. gab, Extreme, die zwar nur von einem Jahre entnommen sind, aber von den mehrjährigen vermuthlich nicht sehr abweichen. Zu Bombay[1] unter 18° 58′ war in diesem nämlichen Jahre das Maximum = 29°,71 und das Minimum 21°,11, allein im Jahre 1827 werden die Extreme bedeutend verschieden und wahrscheinlich richtiger zu 32°,78 im Mai und 15°,0 C. im Januar angegeben. Ueberhaupt scheint in jenen Gegenden Ostindiens ein im Ganzen gleiches Verhältniſs der Temperaturen vorzuwalten, modificirt durch die Einflüsse der Localitäten. So waren nach Sykes[2] zu Dukhun unter 18° N. B. das Minimum am 15ten Jan. 1826 = 4°,71 und das Maximum am 7ten Mai 1828 = 40°,56 und dennoch betrug der Unterschied des kältesten Monats Januar und des heiſsesten April oder Mai im Minimum nur 7°,8, im Maximum 9°,64; die gröſste tägliche Differenz aber war am 12ten December 1827 und betrug von 9°,71 bis 31°,67 nicht weniger als 21°,96, mithin mehr als die Hälfte der ganzjährlichen von 35°,81, eine Eigenthümlichkeit, die in Deutschland ganz unglaublich erscheinen muſs. Sykes bemerkt mit Recht, daſs die Winde in Indien einen entscheidenden Einfluſs auf die Temperatur haben, die zu Puhna und an andern Orten Indiens aus N. oder NW. kommend die Wärme plötzlich sehr herabdrücken und noch obendrein durch ihre Trockenheit um so wirksamer sind, indem durch sie einst das Thermometer zwar nur bis 5°,56 herabging, allein die Kälte war dabei so empfindlich, daſs viele Pflanzen verdarben und die Menschen sich gar nicht zu erwärmen wuſsten. Nach Kirkpatrik[3] steigt die Temperatur zu Nepaul unter dem Wendekreise wegen seiner Höhe von etwa 4000 Fuſs über der Meeresfläche im Sommer bis 30°,56, geht aber bei Sonnenuntergang bis 12°,23 wieder herab, das Minimum kann also dort nicht geringer seyn als zu Dukhun. Zu Macao unter 22° 16′ N. B. war das Minimum im Februar

1 Annals of Philos. T. XII. p. 211. Edinburgh Journ. of Science. N. XVIII. p. 17.

2 Philos. Trans. 1835. p. 190.

3 Nachrichten vom Königreiche Nepaul. Weim. 1818. S. 116.

Digitized by Google

= 9°,45, das Maximum im Juli 32°,82 und zu Canton unter 23° 12′ N. B. das Minimum ebenfalls im Februar = — 1°,62 und das Maximum im Juli = 34°,45, ein bedeutender Unterschied der Extreme für Indien[1], wo wahrscheinlich an allen von den Küsten entfernteren und etwas höher liegenden Orten das Thermometer ausnahmsweise unter den Gefrierpunct herabgeht, während es an sehr heifsen Tagen bis 40° C. steigt. Dort sind jedoch nicht sowohl die jährlichen und monatlichen, als vielmehr die täglichen Schwankungen sehr grofs, denn auch Victor Jacquemont[2] sah in kalten Winternächten zu Neemuch unter 24° 30′ N. B. das Thermometer gegen Sonnenaufgang bis nahe zum Gefrierpuncte herabgehn und um Mittag bis 36° steigen, so wie Dr. Oudney im Innern Africa's vor Kälte fast umkam.

115) Folgt man der Richtung nach Norden, von Indien etwa bis zum kaspischen Meere, so zeigt sich der Unterschied der Extreme wachsend, so weit man dieses aus unvollständigen Angaben von Orten westlich und östlich von dieser Linie entnehmen kann. Elphinstone[3] machte auf seiner Gesandtschaftsreise von Indien nach Cabul durch einen Theil der Wüste die Erfahrung, dafs die Hitze bei Tage, namentlich in der Ebene von Peschawer, im Juni bis 45° C. stieg, und dennoch waren die Nächte zuweilen so kalt, dafs Menschen und Lastthiere dadurch umkamen. Am Flusse Aschtarek in Persien fand Morier[4] die Hitze um Mittag meistens 35° C. und zu Sert (dem ehemaligen Tigranocerta, etwa 38° N. B.) beobachtete Kinneir[5] um Mittag im Schatten meistens 37°,5, zuweilen auch 41°,25, und dennoch zeigte das Thermometer bei Sonnenaufgang in der Regel nur 21°,25. Zu Bagdad[6] unter 33° 20′ N. B. stieg die Hitze im Aug. 1819, namentlich am 25sten, zu einer enormen Höhe, bis 48°,89, und erhielt sich in der Nacht auf 42°,22, so dafs Menschen vor Hitze umka-

---

1 Biblioth. univ. 1834. Août.

2 Correspondance pendant son Voyage dans l'Inde. T. II. p. 171. 180.

3 Reise nach Cabul. Th. I. S. 154.

4 Zweite Reise durch Persien u. s. w. Weim. 1820. S. 24.

5 Reise durch Kleinasien, Armenien und Kurdistan. Weim. 1821. S. 343.

6 Edinburgh Philos. Journ. N. V. p. 197.

men, und dennoch wissen wir, dafs die Temperatur dort bis unter den Gefrierpunct herabgeht. Der jüngere v. Fuss[1] beobachtete das Thermometer zu Peking unter 39° 54′ in den Monaten December bis Juni und fand als gröfste Kälte im December — 9°,82, als gröfste Wärme im Juni 39°,51, wonach die Extreme bedeutend von einander abstehn müssen. Die höchsten Grade der Hitze, wechselnd mit den höchsten Graden der Kälte, findet man jedoch auf der angegebenen Strecke in Sibirien. Halten wir uns zunächst an die zuverlässigen Angaben der neueren Zeit, so war nach Kupffer[2] zu Kasan unter 55° 48′ N. B. im Jahre 1827 und 1828 die gröfste Kälte am 19ten Jan. = — 39°,82 und die gröfste Hitze am 8ten Juli = 31°. Für Slatoust unter 55° 8′ N. B. giebt derselbe aus den Jahren 1818 und 1819 als Minimum — 20°,87 im December und als Maximum 23°,33 im Juli an. Wie grofs der Unterschied der höchsten und tiefsten Temperatur zu Irkuzk seyn möge, läfst sich leicht schätzen, wenn angegeben wird[3], dafs daselbst die mittlere monatliche Temperatur im Juli um 27°,77 und im Januar um — 29°,71 schwanke, was mit der hohen Kälte übereinstimmt, die Hansteen[4] zu Bagranowskaja zwischen Krasnojarsk und Nischnei-Udiusk unter 55° 45′ N. B. und 97° 50′ östl. L. v. G. beobachtete, indem er das Quecksilber mehrere Tage gefroren erhielt und die Temperatur am Morgen bis — 37°,5 C., am Abend aber bis — 63° C. herabsinken sah. Sollte diese letztere Angabe genau und richtig seyn, so wäre dieser Kältegrad der höchste, den man überhaupt in Sibirien beobachtet hat, bleibt aber dennoch hinter demjenigen zurück, welchen Ross in Nordamerica erlebt haben soll. Wie grofs übrigens die Kälte jener Gegenden ist und was für einen unglaublichen Abstand von einander die Extreme haben, ersieht man aus einer zuverlässigen Angabe von Erman[5], wonach zu Jakuzk unter 62° N. B. und 129° 43′

---

1 Mém. de Petersbourg. VIme Sér. T. III. p. 92.

2 Poggendorff Ann. XV. 162 ff. Edinb. New Phil. Journ. N. XVI. p. 233.

3 London and Edinb. Phil. Mag. N. VII. p. 2.

4 Poggendorff Ann. XXVIII. 583. Vergl. Berl. Zeitschr. 1836. N. 179. 189.

5 Berghaus Ann. Th. V. S. 342. Ausführlicher in dessen Reise. Berl. 1838. Th. II. S. 252.

Digitized by Google

östl. L. v. G. die mittlere Temperatur des December und Januar — 41°,25, die des December allein — 44°,37 aus Beobachtungen um 8 Uhr Morgens, die des Juli aber 25°,87 aus Beobachtungen um 2 Uhr Nachmittags war. Eine Kälte unter 50° C. tritt zu Jakuzk alle Jahre ein und im Jahre 1828 hielt sie sich vom 1sten bis 10ten Januar ohne Unterbrechung auf — 50° C., ging aber am 4ten bis — 55°,75 C. herab. Im Jahre 1829 erhielt sie sich am 4ten und 5ten Januar unablässig zwischen — 53° und — 54°,5, ging aber am 25sten auf das Maximum von — 57°,5 herab. Selbst in der Mitte des April beobachtete ERMAN nach — 22°,5 und — 25°, während die mittlere des Tages — 7°,5 betrug[1]. Nach einer gelinderen Periode im April folgt in der Regel wieder Kälte, bis um den 12ten Mai plötzlich der Sommer beginnt und ohne Unterbrechung bis zum 17ten Sept. dauert, wie es dann gleichfalls nach dem ersten Froste um diese Zeit nochmals zu thauen pflegt, worauf vom 17ten October an der ununterbrochene Winter anfängt. Die drei Sommermonate Juni, Juli und August haben mittlere Temperaturen von 13°,75, 18°,75 und 17°,25 und nicht selten steigt das Thermometer im Schatten auf 25°, was im Jahre 1827 sogar an 44 Tagen der Fall war. Ungeachtet die Felder dann nur 3 Fufs tief aufthauen, werden Sommerweizen und Roggen mit Nutzen gebaut und sollen in der Regel 15fachen, ausnahmsweise 40fachen Ertrag geben. In den Gärten zieht man Kohl, Kartoffeln, Rüben und sogar auch Gurken. Dafs dort die gröfste Kälte bis — 60° und die gröfste Wärme bis 30° reichen könne, so dafs die Extreme um volle 90 Grade von einander abstehn, kann auf keine Weise unglaublich scheinen.

116) Von der ungewöhnlich tiefen Winterkälte wechselnd mit grofser Sommerwärme in vielen Gegenden des nördlichen America's wufste man schon lange, in neueren Zeiten sind aber so viele genaue Bestimmungen hierüber einerseits durch die merkwürdigen Reisen der Engländer an den Küsten jenes

1 Es wird aus diesen und ähnlichen Thatsachen wahrscheinlich, dafs der Meridian der gröfsten Kälte zwischen Bagranowskaja und Jakuzk hinläuft, also zwischen 100° und 130° östl. L. von G. liegt, mithin weiter als 90° vom Meridiane der gröfsten Wärme entfernt ist, was mit der Lage der magnetischen Pole und der Krümmung der Isothermen gut übereinstimmt.

Digitized by Google

Welttheils, andererseits durch die Vorsteher der Akademieen des Staates Newyork, welche durch die Legislatur zur Anstellung von Thermometerbeobachtungen aufgefordert wurden[1], bekannt geworden, daſs es zweckwidrig seyn würde, sie sämmtlich hier aufzunehmen, weswegen ich mich auf die wichtigsten beschränke, die Mehrzahl aber für die nachfolgende Tabelle der mittleren Temperaturen verspare. Unter niederen Breiten liegen dort die Extreme nicht so weit aus einander, als im Innern von Asien und Africa, weil die Hitze wegen der gröſseren Nähe des Meeres so hoch nicht steigt; wenigstens schlieſse ich dieses aus den meteorologischen Registern, welche die Militär-Aerzte auf den Stationen der vereinigten Staaten in den Jahren 1822 bis 1825 zu führen beauftragt wurden[2]. Hiernach waren die Maxima und Minima zu Cant. Brooke unter 27° 57′ N. B. = 33°,33 und 4°,44; zu Cant. Clinch unter 30° 24′ N. B. = 35° und — 11°,67; zu Fort Moultrie unter 32° 42′ N. B. = 33°,33 und — 7°,22. Zu Washington[3] unter 38° 52′ 45″ N. B. und 76° 55′ 30″ W. L. war das Maximum am 16ten Juni 1823 = 35°,5 und das Minimum am 2ten Febr. 1824 = — 11°,51. Zu Marietta[4] am Ohio unter 39° 25′ N. B. war im Jahre 1820 das Maximum im August = 33°,3 C. und das Minimum im Januar = — 12°,2; noch gröſser ist der Unterschied zu Montgomery[5] unter 41° 32′ N. B., wo die Extreme 37°,78 und — 21°,11 betragen. Nach Mitchel's[6] dreiſsigjährigen Beobachtungen sinkt in der Nachbarschaft der Hudsonsbai das Thermometer in der Regel alle Jahre im Januar bis — 42°,77 und Pflanzen nebst Früchten, die auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung recht gut gedeihen, z. B. auch Wein, können in Südcarolina und Florida nicht mit Sicherheit gebaut, mindestens nicht zu gleicher Vollkommenheit, als dort, gebracht werden. Die Orte unter 40° N. B. haben in Nordamerica eine mittlere Temperatur, wie

1 Die Resultate sind zusammengestellt in Returns of meteorological Observations cet. Newyork 1825.

2 Edinburgh Journ. of Science. N. XX. p. 267.

3 Amer. Philos. Trans. T. VII. p. 23.

4 Silliman Amer. Journ. T. XVI. p. 46.

5 Edinburgh Journal of Science. N. II. p. 250.

6 Geschichte und Beschreibung von Neufundland und der Küste von Labrador. Weim. 1822. S. 141 ff.

Digitized by Google

die unter 55° N. B. im europäischen Continente, im Sommer ist die Hitze aber desto gröfser und steigt in der Nachbarschaft der Hudsonsbai in der Regel bis 30° C. Die excessive Kälte wird durch die nordwestlichen Winde herbeigeführt, die ihre Schärfe zwar anfangs etwas verlieren, sie nachher aber stets beibehalten; sie sind zugleich stürmisch und verwandeln das warme Wetter sogleich in kaltes. Wälder bringen keine Kälte, vielmehr sind die Winde in baumleeren Gegenden am nachtheiligsten; dagegen dienen sie dazu, die Hitze des Sommers zu mildern. In Canada steigt die Hitze des Sommers bis 32°,22 und im Winter gefriert das Quecksilber, das Aufthauen geschieht schnell und die durch südliche und südwestliche Winde herbeigeführte Wärme erscheint plötzlich. Es ist leicht, diese allgemeine Bezeichnung durch specielle Angaben zu belegen. Zu New Bedford[1] unter 41° 38′ N. B. war in dem einen Jahre 1830 das Maximum = 33°,33, das Minimum — 20° C. Nach Beobachtungen, welche durch Dr. Holyoke[2] von 1786 bis 1818 fortgesetzt wurden, war zu Salem in Massachusetts unter 42° 33′ N. B. die gröfste Hitze von 38°,33 im Jahre 1793 und die gröfste Kälte von — 23°,9 im Jahre 1812. Zu Boston[3] unter 42° 21′ N. B. war in den Jahren von 1820 bis 1830 die höchste Temperatur von 38°,89 am 11ten Juli 1825 und die tiefste von — 24°,45 am 25sten Jan. 1821 und am 1sten Febr. 1826. Aus Fayetteville unter 42° 58′ N. B. haben wir genaue Beobachtungen von Martin Field[4] aus den Jahren 1830 bis 1832. Hiernach war daselbst die höchste Temperatur in beiden Jahren gleich und betrug am 21sten Juli und am 15ten August 34°,44, die niedrigste aber im ersten Jahre am 22sten December — 24°,45, im zweiten am 28sten Januar und 25sten Februar — 28°,88. Hieraus geht zugleich hervor, dafs die Kälte in jenen Gegenden nicht blofs für kurze Zeit sehr intensiv ist, sondern zuweilen auch lange anhält. So war unter andern das Minimum im Jahre 1830 am 22sten Dec. = — 24°,45, allein vom 5ten Jan. bis 15ten Febr. des folgenden Jahres stieg die Temperatur nie bis — 2°,22;

---

1 Silliman Amer. Journ. T. XX. p. 162.
2 Edinburgh Philos. Journ. N. XII. p. 350.
3 Silliman Amer. Journ. T. XX. p. 264.
4 Ebend. T. XVIII. p. 366. XX. 261. XXII. 298.

Digitized by Google

es gab 68 Zoll Schnee und hagelte auch in diesem Winter. Gehn wir weiter nördlich, so war nach den Beobachtungen von Alexander Boyle[1] zu New-Brunswick unter 43° 53′ N. B. in den Jahren 1818 bis 1820 das Maximum = 37°,22 im Juni 1820 und das Minimum = — 28°,33 im Februar desselben Jahres. Zu St. Lawrence unter 44° 40′ N. B. war nach J. B. Hale[2] in dem einzigen Jahre 1828 das Maximum = 35°,00, das Minimum = — 25°,00, aber ein ungleich gröſserer Abstand der Extreme zeigte sich in demselben Jahre nach W. Taylor zu Lowville unter 43°47 N. B., wo das Maximum 37°,22, das Minimum — 33°,33 betrug. Will man sich überzeugen, wie sehr die Extreme nach dem Innern des Landes hin zunehmen, so darf man nur die Resultate aus den ebenerwähnten Registern der Militärärzte überblicken. Hiernach waren sie zu Fort Crawford unter 43° 3′ N. B. und 90° 53′ W. L. v. G. = 35°,56 und — 33°,33; zu Fort Howard unter 44° 40′ N. B. und 87° W. L. = 37°,78 und — 38°,88, dagegen zu Fort Sullivan unter 44° 44′ N. B. und 67° 4′ W. L. = 34°,44 und — 28°,33. Allerdings waren sie zu Fort Brady wegen seiner nördlichern Lage unter 46° 39′ N. B. und 48° 43′ W. L. gleichfalls = 32°,22 und — 35°,09, wobei das Auffallende in den auſserordentlich tiefen Kältegraden jener verhältniſsmäſsig geringen Breiten liegt. Die hohen Grade der Wärme und Kälte scheinen ferner in jenen Gegenden nicht als Ausnahmen vorzukommen, sondern mit nicht bedeutenden Schwankungen alle Jahre wiederzukehren, denn nach Archibald Hall[3] war zu Montreal in Untercanada unter 45° 31′ N. B. und 73° 35′ W. L., welches also zwischen den letztgenannten Orten ungefähr in der Mitte liegt, in den 10 Jahren von 1826 bis 1835 das Maximum und Minimum folgendes:

---

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. I. p. 113.

2 Edinburgh Journ. of Science N. II. p. 250. Vergl. N. VII. p. 78.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLII. p. 236. Ich muſs hierbei bemerken, daſs nach der oben in §. 104. mitgetheilten Angabe die gröſste Kälte am 5ten Jan. 1835 zu Montreal — 37°,2 betragen haben soll, die hier nur = — 31°,66 angegeben wird, und zwar am 17ten Dec. 1835. Jene gröſsere Kälte im Januar müſste also hier übersehn worden seyn.

Digitized by Google

Jahr	Max.	Min.	Jahr	Max.	Min.
1826	35°,56 C	—33°,33 C	1831	36°,11 C	—27°,27 C
1827	36,67	— 28,88	1832	31,67	— 27,27
1828	34,44	— 28,88	1833	32,22	— 31,66
1829	33,89	— 30,55	1834	35,56	— 26,66
1830	36,11	— 28,88	1835	36,67	— 31,66

Der gröfste Unterschied der höchsten Temperaturen beträgt also in allen diesen 10 Jahren nur 5° C, der tiefsten 6°,67 C.

117) Den Handelsstationen der Engländer und der Beharrlichkeit unglaublich kühner Reisenden verdanken wir die Kenntnifs der Temperaturen in denjenigen Gegenden, die unter noch höheren Breiten liegen und wo der Unterschied der höchsten und tiefsten Wärmegrade unglaublich grofs ist. Richardson[1] theilt von fünf Orten die Extreme mit, wovon die beiden ersten aus Franklin's, die drei letzten aus Parry's Reisen entnommen worden sind und die ich der Merkwürdigkeit wegen zusammenstelle.

Orte	Breite		Länge v. G.		Max.	Min.	Untersch.
Cumberland House	54°	00′	102°	15′	30°,56	—42°,21	72°,77
Fort Enterprise .	64	30	113	16	25,56	— 49,45	75,01
Winter Island . .	66	25	85	30	12,23	— 41,37	53,60
Igloolik.	69	30	82	30	10,00	— 45,55	55,55
Melville	74	45	111	0	15,56	— 48,33	63,89

Dafs der Abstand der Extreme an den drei letzten Orten kleiner ist, folgt aus ihrer insularischen Lage und aus der kurzen Zeitdauer der dort angestellten Messungen. Wenn aber in jenen unwirthbaren Regionen des americanischen Polarmeeres und an dessen Küsten die Extreme der Temperaturen wirklich einen geringern Abstand von einander haben, als unter geringeren Breiten, so liegt die Ursache darin, dafs die Sonnenstrahlen in den langen Tagen des Sommers das ewige Eis nicht zu entfernen vermögen, um dann aus dem entblöfsten Boden Wärme zu entwickeln, und daher geht die Sommerwärme zunehmend tiefer herab, so dafs der dennoch bleibende

1 Edinburgh Philos. Journ. N. XXIV. p. 200. Vergl. Edinburgh Phil. Trans. T. IX. p. 214.

Digitized by Google

Unterschied der Temperaturen hauptsächlich auf den unglaublichen Kältegraden beruht, die man dort beobachtet hat. Franklin[1] hat eine Menge interessanter und wichtiger Beobachtungen hierüber mitgetheilt. Für Fort Enterprise finde ich als Maximum 30°,56 im Juli 1820 und als Minimum —49°,72 im December desselben Jahres, also etwas von den oben stehenden verschieden, angegeben. Richardson[2] erhielt in den Jahren 1825 und 1826 zu Fort Franklin unter 65° 12′ N. B. und 123° 12′ westl. L. v. Gr. als Maximum 23°,33 im Aug. 1826 und als Minimum — 50° C. im Febr. 1826. Zu Fort Chapewyan unter 58° 43′ N. B. und 111° 18. W. L. war in denselben Jahren das Maximum = 36°,11 im Juni 1826 und das Minimum = — 34°,98 im Januar desselben Jahres, wobei vorzüglich die hohe Wärme im Sommer auffallen mufs, die sich noch mehr herausstellt, wenn man findet, dafs die mittlere Temperatur der drei Sommermonate nicht weniger als 16°,69 C. betrug. Zu Edmonton-House unter 54° N. B. und 113° W. L. war in dem einzigen Monat Januar 1827 das Maximum 5°,56 und das Minimum — 32°,77, im Monat Februar aber waren beide Gröfsen 8°,33 und — 31°,66; zu Carlton-House unter 52° 51′ N. B. und 106° 13′ W. L. war im Jahre 1827 das Minimum im März noch — 32°,21 und dennoch erreichte das Thermometer im Mai schon 23°,89, ein Schwanken der Temperatur, wie man es in Europa unter ähnlichen Breiten kaum für möglich zu halten vermag. Zu Penetanguishene unter 44° 48′ N. B. und 80° 40′ W. L. am Huronen-See wurden zwar vom Mai 1825 bis April 1826 als Extreme nur 25°,22 im Juli 1825 und — 9°,08 beobachtet, Todd versichert jedoch, dafs die Wärme dort zuweilen bis 32°,33 zu steigen pflege, worauf dann Gewitter mit Regen und demnächst Kälte folge, die Kälte aber leicht bis — 28°,88 herunter gehe und einmal sogar — 35°,54 erreicht habe. Der Eintritt der Kälte beginnt mit Schnee, welcher bis zu drei Fufs Höhe fällt und unter welchem dann der Boden nicht gefroren

1 Narrative of a Journey to the shores of the Polar-Sea, in the years 1819, 20, 21 and 22. Lond. 1823. 4. p. 643.

2 Narrative of a second Expedition to the shores of the Polar-Sea in the years 1825, 26 and 27 by John Franklin. Lond. 1828. 4. App.

Digitized by Google

ist. Aus PARRY's[1] meteorologischen Registern kennen wir die Extreme der Temperatur zu Port Bowen unter 73° 15′ N. B. und zwar fiel das Maximum im Jahre 1824 auf den 29sten Aug. mit 1°,11, das Minimum auf den 2ten März mit — 42°,77 C., weit gröfser aber ist der Abstand der Extreme, wie ich sie in den Tabellen des Capitain Ross[2] aufgezeichnet finde, wo die höchste Temperatur zu Felix Harbour unter 70° N. B. und 91° 53′ W. L. mit 21°,11 im Juli 1830 und die tiefste mit — 50°,83 im Januar 1831 angegeben worden ist. Dort war die Kälte so unglaublich, dafs das Thermometer in 136 Tagen nicht bis zum Nullpuncte der Fahrenheit'schen Scale oder bis — 17°,78 stieg. Wahrscheinlich bezieht sich das angegebene Minimum nur auf die bestimmten Beobachtungsstunden, ohne die absolut gröfste erlebte Kälte anzugeben, wenigstens mufs dieses der Fall seyn, wenn eine Angabe von BERGHAUS[3] richtig ist, wonach das Minimum der beobachteten Temperatur — 62°,23 C., ja einmal sogar — 68°,61 betragen haben soll, welches dann die gröfste jemals gemessene Kälte seyn würde. Wir sind allerdings berechtigt, dort so hohe Kältegrade anzunehmen, da sie unter niederen Breiten fast ebenso sind. Hiervon überzeugen uns die Resultate der Beobachtungen des Capitain BACK, welchen seine seltene Freundschaft bewog, den heldenmüthigen, fast allzukühnen Ross mit eigener Lebensgefahr und unter den drückendsten Beschwerden aufzusuchen. Es ist in der That interessant, die bei dieser Gelegenheit zu Fort Reliance unter 62° 46′ 29″ N. B. und 109° 0′ 38″ westl. L. vom Nov. 1833 an gemessenen Temperaturen, bei denen leider die drei Sommermonate fehlen, zu überblicken, und deswegen habe ich die monatlichen Maxima und Minima nebst deren Unterschieden oben §. 93 bereits mitgetheilt. Dort ist — 51° C. als tiefste Temperatur angegeben, gleichfalls die in den Beobachtungsstunden gemessene und sonach in die Register aufgenommene, die beobachtete absolut gröfste Kälte betrug aber am 17ten Jan. 1834 nicht weniger als — 56°,7 C.

---

1 Journal of a third Voyage for the discovery of a North-West passage cet. Lond. 1826. 4.

2 Narrative of a second Voyage in search of a North-West Passage cet. Lond. 1835. 4. App. Text p. 632.

3 Annalen der Länder- und Völkerkunde 1834. Juni. S. 274.

Digitized by Google

Arago[1] bemerkt dabei, dafs die Temperatur des Himmelsraumes, die zwischen — 52° und — 53° angenommen wird, geringer seyn müsse, als die tiefsten auf der Erde gemessenen Temperaturen, allein Poisson hält es für möglich, dafs die Atmosphäre kälter sey als der Himmelsraum, eine Hypothese, die schwerlich Beifall finden dürfte, wie denn überhaupt die schwach begründete Annahme einer in jenen unbekannten Regionen herrschenden constanten Temperatur mit den angegebenen Messungen nicht wohl vereinbar scheint.

ε) Bestimmung der jährlichen mittleren Temperatur.

Aus den bisher zusammengestellten Thatsachen geht unzweifelhaft hervor, dafs die jährliche mittlere Temperatur der verschiedenen Orte keineswegs ausschliefslich von den Breitengraden derselben abhängt, aufserdem aber weder alle Jahre sich gleich ist, noch stets den nämlichen Gang befolgt. Es möge die Betrachtung des ersteren Satzes dem folgenden Abschnitte vorbehalten bleiben, um hier zuerst den Gang der jährlichen, nach gewissen Perioden veränderlichen Wärme kennen zu lernen. Verschiedene Gelehrte haben seit der durch Al. v. Humboldt und L. v. Buch gegebenen Anregung des Eifers für diese streng wissenschaftlichen Forschungen schätzbare Beiträge zu diesen Untersuchungen geliefert, am vollständigsten und gründlichsten ist aber die ganze Aufgabe durch Kämtz[2] behandelt worden, und es wird also dem vorliegenden Zwecke am besten genügen, wenn ich die durch ihn erhaltenen Resultate ihrem wesentlichen Inhalte nach mittheile.

118) Man ist im Allgemeinen gewöhnt anzunehmen, dafs die Wärme von ihrem tiefsten Puncte, den sie meistens im Anfange des Jahres erreicht, allmälig wächst, in der Mitte des Jahres den höchsten Grad erlangt, den sie etwas länger mit einigen Schwankungen beibehält, um dann schneller wieder zum Anfangspuncte zurückzukehren, wonach sie also eine der täglichen Wärme ähnliche Curve beschreiben mufs. Bei

---

1 Compte rendu de l'Acad. des Sc. 1836. N. XXIV. p. 575. Poggendorff Ann. XXXVIII. 235.

2 Meteorologie. Th. I. S. 117 ff.

Digitized by Google

einiger Ueberlegung gewahrt man bald, dafs beide Arten des Verhaltens Folge des regelmäfsig wechselnden Standes der Sonne sind, und hieraus ergiebt sich dann sofort, dafs der jährliche Wechsel nur aufserhalb der Wendekreise unter mittleren und höheren Breiten statt finden kann, statt dafs unter dem Aequator selbst ein zweifacher Uebergang vom Maximum zum Minimum vorhanden seyn müfste. Allerdings stellen sich bei anhaltend fortgesetzten Beobachtungen beide Paare der Extreme dort heraus, und es würden sich hierüber noch bestimmtere Resultate erhalten lassen, wenn wir aus Orten in geringer Entfernung vom Aequator hinlänglich lange anhaltende Beobachtungen benutzen könnten. Inzwischen hängen die Wechsel der Temperatur in jenen Gegenden so sehr von anderweitigen Bedingungen, namentlich den Windrichtungen und den Veränderungen des Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre ab, dafs dadurch die Regelmäfsigkeit der Wechsel gröfstentheils verschwindet. Um aber zu sehn, wie der doppelte jährliche Wechsel allmälig in einen einfachen übergeht, stelle ich die monatlichen Mittel aus Orten diesseit und jenseit des Aequators tabellarisch zusammen und wähle dazu die vom Cap[1] unter 33° 55′ 15″ S. B. nach Beobachtungen von 1810, 1811 und 1812, von Isle de France unter 20° 9′ 45″ S. B. nach Lislet Geofroy[2] aus 8jährigen Beobachtungen, von Batavia unter 6° 12′ S. B. nach Dr. Kriel[3], zu Seringapatam unter 12° 45′ N. B. 76° 51′ östl. L. nach Foggo[4], zu Hawaii unter 19° 30′ N. B. 155° 15′ W. L. nach den Beobachtungen der Missionäre[5], zu St. Croix auf Teneriffa unter 28° 28′ 30″ N. B. 16° 16′ 48″ W. L. nach F. Escolar[6] und zu Funchal auf Madeira unter 32° 38′ N. B. 16° 56′ W. L. nach Heineken[7].

1 Freycinet Voyage. T. I. p. 352.
2 Ebend. p. 367.
3 Edinburgh Phil. Journ. N. XII. p. 351.
4 Edinb. Journ. of Science. N. X. p. 256.
5 Ebend. p. 370.
6 Edinburgh Phil. Journ. N. XIX. p. 187.
7 Edinburgh Journ. of Sc. N. XIX. p. 73.

Digitized by Google

Monat	Capstadt	Isle de France	Batavia	Seringapatam	Hawaii	St. Croix	Funchal
Januar	24°,39	28°,48	26°,11	22°,52	21°,11	17°,69	14°,94
Februar	23,22	28,26	26,67	26,49	21,67	17,94	14,71
März	21,81	27,56	26,67	27,62	22,22	19,54	16,06
April	19,30	26,52	26,11	29,71	22,78	19,62	16,78
Mai	15,73	24,06	26,67	30,27	24,44	22,29	18,44
Juni	14,29	21,91	25,00	26,67	25,56	23,27	20,22
Juli	14,64	21,42	25,56	24,64	25,56	25,15	22,00
August	15,78	21,14	26,11	23,05	26,11	26,05	22,38
September	16,30	22,23	26,11	25,41	25,56	25,24	21,61
October	17,46	23,45	25,00	26,11	25,56	23,70	19,55
November	21,21	25,68	23,89	24,58	24,44	21,35	16,67
December	22,27	27,59	26,11	23,05	22,22	19,06	15,67

Unter diesen Orten zeigt kaum Batavia einen doppelten Wechsel, aufser dem abermaligen Sinken der Temperatur im October und November, wobei im Gegensatze das Steigen derselben im October zu Seringapatam sich bemerklich macht, zu Isle de France und Hawaii, obgleich noch innerhalb der Wendekreise, ist schon der Uebergang von einem Maximum zu einem Minimum kenntlich. Bezieht sich die Untersuchung aber auf Orte unter mittleren und höheren Breiten, so tritt neben einiger Unregelmäfsigkeit in den Schwankungen der Gang der Wärme von einem Maximum zu einem Minimum stets sichtbarer hervor. Cotte[1] folgert aus seinen zahlreichen Beobachtungen hinsichtlich des mittleren Ganges der jährlichen Temperatur in Frankreich, dafs die mittlere Wärme vom Frühlinge bis zum Sommersolstitium 6°,75 C. geringer ist, als die vom Sommersolstitium bis zur Herbstnachtgleiche. In jener Periode soll dann die höchste Temperatur auf den 9ten Juni fallen und 20°,75 C. betragen, in dieser aber auf den 19ten August mit 24°,25, dagegen die niedrigste in jener mit 5°,25 auf den 24sten März, in dieser mit 16°,62 auf den 16ten September. Auf gleiche Weise fand er die mittlere Temperatur vom Wintersolstitium bis zur Frühlingsnachtgleiche um 5° geringer, als die vom Herbstäquinoctium bis zum Wintersolstitium, wobei die gröfste Wärme für die erste Periode mit 7°,85 auf den 17ten März, für die zweite mit 17°,9 C. auf den 22sten Sep-

1 Journ. de Phys. T. XLI. p. 368. XLIV. 235.

tember fällt, die beiden Minima dagegen von — 1° C. und 3°,62 fallen auf den 5ten Januar und den 5ten December. Als mittlerer Zeitpunct der gröfsten Hitze und gröfsten Kälte endlich soll der von 6 Wochen nach den beiden Solstitien gelten. Wir dürfen also nach dem Resultate vieler verglichenen Beobachtungen für alle Orte unter mittleren und höheren Breiten einen einmaligen Wechsel als Regel für die jährliche Wärme-Curve annehmen. Um diese genauer zu bestimmen, hat Kämtz die monatlichen Mittel der Beobachtungen an vielen Orten unter verschiedenen südlichen und nördlichen Breiten, namentlich zu Enontekis, Christiania, Upsala, Fort Sullivan, Manchester, Paris, Turin, Padua, Rom, Capstadt, Fort Johnston und Abusheher zusammengestellt und nach der mehrerwähnten, oben §. 76 bereits angegebenen Formel berechnet. Giebt man jedem Monate eine Länge von 30 Tagen und heifst T_n die dem nten Monate entsprechende Temperatur, die somit dem 15ten Tage deselben zugehört, so ist

$$T_n = t + u \,\mathrm{Sin.}(n.30^\circ + v) + u' \,\mathrm{Sin.}(n.60^\circ + v').$$

Wird das Jahr aber mit dem ersten Tage des Januars angefangen, so ist

$$T_n = t + u \,\mathrm{Sin.}[(n+\tfrac{1}{2})30^\circ + v - 15^\circ] + u' \,\mathrm{Sin.}[(n+\tfrac{1}{2})60^\circ + v' - 30^\circ].$$

Für die Tage, an denen die mittlere Temperatur $= t$ eintritt, wird $T_n = t$ und also

$$0 = u \,\mathrm{Sin.}[(n+\tfrac{1}{2})30^0 + v - 15^0] + u' \,\mathrm{Sin.}[(n+\tfrac{1}{2})60^\circ + v' - 30^\circ],$$

für die Extreme aber ist

$$0 = u \,\mathrm{Cos.}[(n+\tfrac{1}{2})30^\circ + v - 15^\circ] + 2u' \,\mathrm{Cos.}[(n+\tfrac{1}{2})60^\circ + v' - 30^\circ].$$

Kämtz[1] hat für alle die angegebenen Orte die monatlichen Temperaturen nach Bestimmung der Constanten berechnet, wobei der gröfste wahrscheinliche Fehler nicht mehr als 0°,629 (für Enontekis) beträgt, und es ergiebt sich dann aus der grofsen Uebereinstimmung aller der erhaltenen Formeln unter sich das merkwürdige Resultat, dafs die Ab- und Zunahme der Wärme für alle mittlere Temperaturen von — 2°,86 bis 25°,03 sehr nahe das nämliche Gesetz befolgt. Zuerst findet sich dann, dafs u bis auf einen unmerklichen Unterschied $= \frac{1}{2}(M - m)$ ist, wenn M das Maximum und m das Mini-

1 Meteorologie. Th. I. S. 123. Vergl. Schweigger Jahrb. LV. S. 378 ff.

mum bezeichnen, ferner weichen die Hülfswinkel v so wenig von einander ab, dafs die Unterschiede füglich als Folge der noch immer unvollkommenen Beobachtungen gelten können, und somit kann der mittlere Werth v = 248° 54′ als allgemein richtig gelten. Gröfsere Abweichungen zeigen die Constanten u′ und v′, weil diese theils einen geringeren Einflufs auf die Bestimmung der mittleren Wärme haben, sie selbst aber durch die Unregelmäfsigkeiten im Gange der Temperatur stärker afficirt werden. Wird aber auch u′ als eine Function von M — m angenommen und u′ = p (M — m) gesetzt, so geben die Mittel der für die einzelnen Orte aufgefundenen Formeln $u' = \frac{1}{30}(M - m)$ und v′ = 353° 46′, wonach die oben gegebene Formel für die dem nten Monate zukommende mittlere Temperatur folgende bequeme Gestalt erhält

$$T_n = t + \tfrac{1}{2}(M - m)\,\mathrm{Sin.}\,[(n + \tfrac{1}{2})\,30^\circ + 248^\circ\,54'] + \tfrac{1}{30}(M - m)\,\mathrm{Sin.}\,[(n + \tfrac{1}{2})\,60^\circ + 353^\circ\,46'].$$

Vermittelst dieser Formel hat Kämtz für die oben angegebenen Orte die Tage aufgesucht, an denen die Maxima und Minima statt finden, und da die ersteren zwischen dem 18ten Juli und dem 4ten August, die letzteren zwischen dem 3ten und 24sten Januar schwanken, so kann man im Mittel den 26sten Juli als heifsesten und 14ten Januar als kältesten Tag betrachten, denen dann auf der südlichen Halbkugel umgekehrt der 14te Januar und der 26ste Juli entsprechen. Auf gleiche Weise schwanken die Tage der jährlichen Mittel zwischen dem 18ten April und 3ten Mai, so wie zwischen dem 14ten und 26sten October, welches als Mittel den 24sten April und 21sten October giebt. Diese Tage hat schon früher v. Humboldt[1] aus Beobachtungen annähernd bezeichnet und übereinstimmend mit Kirwan[2] gefolgert, dafs die mittlere Temperatur jedes dieser Monate der jährlichen mittleren sehr nahe kommen mufs. Kämtz hat aber genauer bestimmend gezeigt, dafs der Monat April die jährliche mittlere Temperatur etwas zu klein, der October dagegen etwas zu grofs giebt, beide vereint aber die Abweichungen bis auf einen verschwindenden Antheil wieder ausgleichen[3].

---

1 Mém. d'Arcueil. T. III. p. 554.

2 Physisch-chemische Schriften von Crell. Th. III. S. 129.

3 Nach Quetelet in Mém. sur les Variations diurne et annuelle

119) Für die praktische Anwendung haben diese Resultate nur einen geringen Nutzen, könnten sogar zu bedeutenden Irrthümern führen, wenn man glaubte, die Maxima und Minima müfsten jedes Jahr und an jedem Orte auf die angegebenen Tage fallen oder man bedürfe nur der Beobachtungen während eines der genannten Monate, um die mittlere jährliche Temperatur zu erhalten. So weit darf man, wie sich von selbst versteht, die im Allgemeinen richtige Regel nicht ausdehnen; denn wir hatten namentlich 1837 einen so kalten April und 1834 einen so warmen October, dafs hieraus bedeutend unrichtige Bestimmungen hervorgehn müfsten. Weit richtigere Resultate würde man schon durch die Vereinigung beider Monate erhalten. Inzwischen gehören die eben angegebenen Jahre ohnehin zu den absichtlich gewählten abweichenden, die Untersuchung soll vorzüglich nur den im Allgemeinen regelmäfsigen Gang der jährlichen Temperatur nachweisen, und wäre es gleich sehr gewagt, aus der Wärme eines einzelnen Tages die mittlere ganzjährliche bestimmen zu wollen, so läfst sich doch aus Beobachtungen eines oder mehrerer Monate die mittlere jährliche Temperatur um so richtiger finden, je gröfser die Zeit ist, welche die Beobachtungen umfassen. Kämtz ist durch diese Beobachtungen zu einem insofern höchst fruchtbaren Resultate gelangt, als es uns in den Stand setzt, die mittleren jährlichen Temperaturen derjenigen Orte in sehr genäherten Werthen aufzufinden, an denen Reisende nur einige Monate Beobachtungen angestellt haben. Gesetzt es wären von einem gegebenen Orte A nur dreimonatliche Beobachtungen vorhanden und man wollte daraus die Gröfse M — m finden, so dient dazu folgendes Verfahren. Es war die Temperatur am Orte A

im Januar	= 10°,78		
im Mai	= 17,71	Unterschied	= 6°,93
im September	= 21,57	- -	= 3,86
		Summe der Unterschiede	= 10°,79.

de la Température cet. p. 19. fällt zu Brüssel und Maestricht das Maximum auf den 15,6 Juli, das Minimum auf den 12,9 Januar, die beiden Mittel aber auf den 17,6 April und 14,0 October; nach Beobachtungen auf dem Observatorium zu Brüssel von 1833 bis 1836 sind diese vier Termine der 14,4 Juli, 12,0 Januar, der 25,8 April und 18,6 October.

Digitized by Google

An einem andern Orte B, wo die Gröfse $M'-m'$ bekannt ist, war die Temperatur

im Januar	= 7°,78			
im Mai	= 17,77	Unterschied	=	9°,99
im September	= 20,76	- -	=	2,99
		Summe der Unterschiede	=	12°,98.

Für B ist $M' - m' = 15°,89$, mithin ist für A die Gröfse $M - m = 15°,89 \times \frac{10,79}{12,98} = 13°,34$. Wird dieser Werth in die zuletzt angegebene Formel eingeführt, da T_n für die Monate Januar, Mai und September bekannt ist, so ergiebt sich die mittlere Temperatur, und wenn diese x heifst, so ist aus den erhaltenen Werthen von T_n im

Januar	10°,78	= x — 6°,40,
Mai	17,71	= x + 2,24,
September	21,57	= x + 4,16.

Die Summe durch 3 dividirt giebt x = 16°,69. Die so gefundene mittlere Temperatur weicht in den von Kämtz geprüften Fällen von der aus ganzjährigen Beobachtungen erhaltenen nur unmerklich ab. Kämtz hat ein noch einfacheres Verfahren angegeben, um aus der bekannten Gröfse $M - m$, wenn diese aus den Beobachtungen einzelner Monate auf die eben gezeigte Weise gefunden worden ist, die mittlere jährliche Temperatur zu finden. Bei dem regelmäfsigen Gange der Wärme mufs es nämlich einen constanten Factor geben, welcher mit $M - m$ multiplicirt diejenige Gröfse giebt, die zu jeder monatlichen Temperatur addirt oder von ihr subtrahirt die ganzjährliche mittlere giebt. V. Horner in Zürich hat diese Factoren berechnet und das Zeichen + oder — bestimmt, ob das erhaltene Product (aus $M - m$ und dem Factor) zu der gegebenen monatlichen addirt oder von ihr subtrahirt werden soll.

Januar	+ 0,4837	Mai	— 0,1698	September	— 0,3135
Februar	+ 0,4233	Juni	— 0,3849	October	— 0,0388
März	+ 0,2743	Juli	— 0,5107	November	+ 0,2368
April	+ 0,0658	August	— 0,4902	December	+ 0,4241.

120) Die Anwendung dieser Hülfsmittel setzt einen regelmäfsigen Gang der jährlichen Temperatur voraus, welcher

Digitized by Google

jedoch nicht immer statt findet, denn wie die Curve der täglichen Wärme ausnahmsweise bedeutende Abweichungen von der gewöhnlichen Regel zeigt, ebenso ist dieses auch bei derjenigen der Fall, welche den Gang der jährlichen bezeichnet. Brandes[1] hat zuerst diesen Gegenstand einer näheren Prüfung unterworfen, woraus sich ergiebt, daſs die Curve der jährlichen Wärme, wenn man die mittleren Temperaturen von 5 zu 5 Tagen als Ordinaten anwendet, noch bedeutende Unregelmäſsigkeiten zeigt, es sey denn, daſs die mittleren Werthe aus vieljährigen Beobachtungen genommen werden, in welchem Falle eine gröſsere Regelmäſsigkeit zum Vorschein kommt, wie auch dann der Fall ist, wenn man sich der Mittel von 10 zu 10 Tagen bedient. Um dieses darzuthun, hat Brandes die fünftägigen Mittel mehrjähriger Beobachtungen zu Petersburg, Stockholm, Cuxhaven, Zwanenburg, London, Mannheim, Wien, St. Gotthard, Rochelle und Rom in einer Tabelle zusammengestellt, denen Kämtz[2] noch die zu Königsberg, Paris, Carlsruhe und Frankfurt a. M. hinzugefügt hat; weil jedoch die Resultate der einzelnen Jahre von diesem allgemeinen Mittel stets noch zu sehr abweichen, als daſs sich der Gang der Temperatur nach der allgemeinen Regel mit nur annähernder Sicherheit im voraus bestimmen lieſse, so begnüge ich mich, die für die Theorie wichtigen Hauptgesetze mitzutheilen. Von Anfang Januars an nimmt die Kälte meistens noch etwas zu, bis die Wärme von der Mitte dieses Monates an steigt, vom 12ten bis 17ten Februar an jedoch wieder etwas abnimmt, demnächst wieder steigt, im März aber durch östliche kalte Luftströmungen abermals zurückgehalten wird, die ihren Einfluſs um so viel später zeigen, je weiter die Orte westlich entfernt liegen. Von Mitte März an steigt die Wärme schneller, als gegen die Zeit des längsten Tages, und im Allgemeinen lassen sich zwei Perioden der gröſsten Hitze, die erste im letzten Drittel des Juli, die zweite geringere gegen die Mitte des August annehmen. Inzwischen hat Kämtz überzeugend dargethan, daſs durch die Vereinigung vieljähriger Beobachtungen diese doppelte Periode verschwindet und der heiſseste Tag zwischen den 25sten Juli und 3ten August fällt.

1 Beiträge zur Witterungskunde. Leipz. 1820. 8. S. 1 ff.
2 Meteorologie. Th. II. S. 50.

Digitized by Google

Von hier an nimmt die Wärme regelmäfsiger ab, jedoch langsam, und erhält sich, namentlich im September, wegen herrschender südlicher Luftströmungen, oft eine längere Zeit constant. Die Beschaffenheit der Curve der jährlichen Wärme unter niedrigen und hohen Breiten ist aus den monatlichen mittleren Temperaturen zu entnehmen.

ζ) Isothermen.

121) Die bisherigen Untersuchungen zeigen genügend, dafs die mittlere Wärme der einzelnen Orte nicht überall gleichmäfsig mit der Entfernung vom Aequator nach den Polen hin abnimmt; auch sind schon[1] die durch Al. v. Humboldt angegebenen *Isothermen*, *isothermischen Linien* (*bandes isothermes*) genannt worden, durch welche diese Ungleichheiten sehr anschaulich dargestellt werden. Wenn wir diesen Gegenstand hier nochmals, mit Berücksichtigung der neueren hierüber gemachten Erfahrungen, in nähere Betrachtung ziehn, so verdient sogleich im Eingange berücksichtigt zu werden, dafs selbst die Temperatur unter dem Aequator nicht überall dieselbe, sondern unter den verschiedenen Längengraden ungleich ist. Man hat viele Mühe darauf verwandt, die mittlere Wärme unter dem Aequator genau zu bestimmen, um dann durch einen allgemeinen analytischen Ausdruck die mit den Breitengraden abnehmende Wärme zu bezeichnen. A. v. Humboldt bestimmte in seine gelehrten Untersuchungen über die isothermischen Linien[2] die mittlere Temperatur unter dem Aequator im Niveau des Meeres zu 27°,5 C.; Kirwan hatte sie = 28°,89 angegeben, Brewster für Africa zu 28°,22, für Asien und America aber zu 27°,5. Hiergegen erklärte sich Atkinson[3] und erhielt mit Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate aus v. Humboldt's eigenen Angaben im Mittel 29°,76. Dieser Einwurf zog eine abermalige Untersuchung der Frage durch Brewster[4] nach sich, woraus das Resultat hervorging, dafs v. Humboldt's Angabe der Wahrheit so nahe komme,

---

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1006.
2 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. III. p. 512.
3 Transact. of the Astron. Soc. T. II. p. 137 ff.
4 Edinburgh Journ. of Science N. XI. p. 117.

Digitized by Google

wie möglich, indem dabei die Temperaturen zu Senegambien, Madras, Batavia und Manilla, reducirt nach der Formel

$$\text{Aequatorial-Temp.} = \frac{\text{Beob. Temp.}}{\text{Cos. Lat.}}$$

zum Grunde gelegt worden seyen, statt dafs Atkinson blofs die americanischen Beobachtungen benutzt habe. Aus einer abermaligen Prüfung der genauen Beobachtungen zu Ceylon, Batavia und Hawaii geht aber unverkennbar hervor, dafs die Temperatur unter der Linie nicht mehr als 27°,5 betragen könne. Eine weit gründlichere Prüfung der gemachten Einwürfe hat aber v. Humboldt[1] selbst angestellt. Hierin zeigt er zuerst, dafs bei der Frage über die mittlere Temperatur unter der Linie, wenn man sich zu beiden Seiten um etwa 3 Breitengrade entfernt, vorzüglich die Wärme des Oceans zu berücksichtigen sey, da kaum ein Sechstel dieser Zone aus Land bestehe. Auf beiden Seiten der Linie in 2°,5 bis sogar 6° Abstand trifft man einzelne Puncte, wo die Temperatur des Meeres sogar bis 30°,6 steigt, allein unter der Linie selbst, und namentlich in atlantischen Ocean, beträgt die Wärme des Meeres nicht mehr als 28°,47 und die Luft über demselben ist stets 1° bis 1°,5 kälter. Wenn Atkinson ein hiervon abweichendes Resultat erhielt, so lag die Ursache darin, dafs die Resultate der Beobachtungen wegen der Höhe und der Breite corrigirt wurden, wofür die Gesetze noch keineswegs mit hinlänglicher Schärfe bestimmt sind. Es folgt dann nicht, dafs die mittleren Temperaturen nach beiden Seiten von dieser 3° S. B. und 3° N. B. einschliefsenden Zone gleichmäfsig abnehmen, weil hierbei Localitäten mitwirken. So ist die mittlere Wärme von Cumana[2] unter 10° 17′ N. B. = 28°, weil die dürre umgebende Ebene viele Wärme verbreitet, so dafs also bei gröfserer Annäherung zum Aequator die Temperatur durch gröfsere Feuchtigkeit in Folge der Waldungen wieder abnimmt. Brewster[3] wählte zur abermaligen Ermit-

1 Edinburgh Journ. of Science. N. XI. p. 136. Vergl. Essai politique sur l'Isle de Cuba. 1826. T. II. p. 79.

2 Nach genaueren Bestimmungen beträgt sie nur 27°,5 C., ohne dafs dieses der Richtigkeit des hier aufgestellten Satzes Abbruch thut. S. *Tabelle*.

3 Edinburgh Journ. of Science. N. XV. p. 60. Vergl. Wiener Zeitschrift Th. IV. S. 385. Bibl. univ. T. XVII. p. 259.

Digitized by Google

telung der mittleren Temperatur unter dem Aequator drei sehr gelegene Orte, Singapore unter 1° 24′ N. B., Malacca unter 2° 16′ und Prinz-Wallis-Insel unter 5° 25′ N. B., von denen mehrjährige genaue Beobachtungen vorhanden sind. Diese gehörig reducirt, um die richtige mittlere tägliche Wärme zu erhalten, geben die Temperatur unter dem Aequator nur = 26°,34 C., und da die vier Orte Ceylon, Batavia, Hawaii und die Halbinsel Malay sie gleichfalls nur = 26°,85 geben, so hat v. Humboldt ganz recht, wenn er annimmt, sie betrage im Mittel nicht mehr als 27°,5, wobei jedoch bemerkt werden muſs, daſs sie im Innern von Africa am höchsten ist, was Brewster bei der Bestimmung seiner klimaterischen Formel nicht unberücksichtigt gelassen hat.

b

122) Da die Temperatur mit der Entfernung vom Aequator abnimmt, so war man stets bemüht, das Gesetz dieser Abnahme aufzufinden, nicht sowohl um ohne Beobachtung die mittlere Wärme der Orte auf beiden Hemisphären zu wissen, als vielmehr um die aus der zunehmenden Schiefe der auffallenden und daher stets weniger erwärmenden Sonnenstrahlen theoretisch abgeleiteten Folgerungen durch die Erfahrung zu prüfen. Hätte man die mittlere Temperatur eines der Pole, namentlich des nördlichen, worauf sich alle diese Untersuchungen beziehen, durch Erfahrungen aufzufinden vermocht und wäre dieser zugleich der eigentliche Punct der gröſsten Kälte, wie man früher anzunehmen pflegte, so hätte sich leicht vermittelst einiger zwischenliegender Puncte die Curve der abnehmenden Wärme bestimmen lassen, allein da diese Bedingungen, namentlich die erstere, die man früher als die einzige betrachtete, fehlten, so muſste man umgekehrt die Temperatur des Poles aus dem Gesetze der Wärmeabnahme unter zunehmenden Breiten zu ermitteln suchen. Die Bemühungen der Gelehrten um die Auffindung dieses Gesetzes sind bereits erwähnt worden[1], im Ganzen aber belohnt sich jetzt die Mühe nicht, die hierüber aufgestellten Theorieen von Halley[2], Mairan[3],

1 S. *Erde*. Bd. III. S. 993.

2 Philos. Trans. for 1693.

3 Mém. de l'Académie. 1719 u. 1765.

Digitized by Google

L. Euler[1], Lambert[2], Tob. Mayer[3] und Kirwan[4] genauer kennen zu lernen, weil alle auf die unrichtige Voraussetzung eines einzigen Kältepoles gegründet sind. Wir können uns hier also nur an die Untersuchungen der neueren Zeit halten.

A. v. Humboldt[5] hat das Gesetz der Wärmeabnahme unter zunehmenden Breiten von einer interessanten Seite aufgefafst. Dafs dieselbe dem Quadrate des Cosinus der Breite im Allgemeinen proportional sey, ist wohl in Gemäfsheit der hierfür vorhandenen theoretischen Gründe nicht in Abrede zu stellen, und hieraus folgt dann schon von selbst, dafs sie zwischen dem 40sten und 50sten Breitengrade am gröfsten sey. Die Abnahme der mittleren Temperatur beträgt

im westlichen Theile des alten Continents		im östlichen Theile des neuen Continents	
von 20° bis 30° N.B.	4°,00 C.	von 20° bis 30° N.B.	6°,25 C.
— 30 — 40 —	4,50 -	— 30 — 40 —	7,12 -
— 40 — 50 —	7,12 -	— 40 — 50 —	9,00 -
— 50 — 60 —	5,50 -	— 50 — 60 —	7,25 -

„Dieser Umstand," sagt v. Humboldt, „hat wohlthätig auf „den Culturzustand der Völker gewirkt, welche jene milden, „von dem mittleren Parallelkreise durchschnittenen Gegenden „bewohnen. Dort grenzt das Gebiet des Weinbaues an das „Gebiet der Oelbäume und der Orangen. Nirgend anders auf „dem Erdboden sieht man (von Norden gegen Süden fort„schreitend) die Wärme schneller mit der geographischen Breite „zunehmen; nirgend anders folgen schneller auf einander die „verschiedenartigsten vegetabilischen Producte, als Gegenstände „des Garten- und Ackerbaues. Diese Heterogeneität belebt die „Industrie und den Handelsverkehr der Völker."

Inzwischen geht aus der Zusammenstellung der ungleichen Wärmeabnahme an der Westküste des alten und an der Ostküste des neuen Continents schon genügend hervor, dafs ein gemeinschaftlicher Ausdruck für beide nicht statt finden kann,

---

1 Comment. Petrop. T. II.

2 Pyrometrie oder vom Mafse des Feuers und der Wärme. Berl. 1779. 4.

3 De variationibus thermometri accuratius definiendis. Opp. ined. T. I.

4 Estimate of the Temperature of the Globe. chap. 3.

5 Poggendorff XI. 1 ff.

Digitized by Google

und dafs daher die bereits erwähnten Formeln, die diese Verschiedenheit nicht einschliefsen und sich auf einen einzigen Kältepol beziehen, den Resultaten der Beobachtungen nicht genügen können, wie dieses auch bei der durch ATKINSON[1] zunächst in Beziehung auf America gegebenen der Fall ist, wonach in Graden der Fahrenheit'schen Scale

$$T = 91^\circ{,}08 \,\text{Cos.}^{\frac{3}{2}}\,\text{Lat.} - 10^\circ{,}53$$

seyn soll. Diese Ansicht theilt auch KÄMTZ[2], welcher deswegen die Formel von KIRWAN[3] verwirft, wonach in Fahrenheit'schen Graden

$$T = 84^\circ + 53^\circ \,\text{Sin.}^2\,\text{Lat.}$$

seyn soll und deren sich ENGESTRÖM[4] und KUPFFER[5] zur Bestimmung der Bodentemperatur bedient haben. E. SCHMIDT[6] bringt für Centesimalgrade den Ausdruck:

$$T = a + b \,\text{Sin.}\,2\,\text{Lat.} + c \,\text{Cos.}\,2\,\text{Lat.}$$

in Vorschlag, bestimmt die Constanten aus den Messungen zu Cumana unter 10° 27′ = 27°,7, Paris unter 48° 50′ = 11°,0 und auf dem Nordcap unter 71° 30′ = 0°,1 und erhält sonach

$$T = 12^\circ{,}6 + 0{,}6 \,\text{Sin.}\,2\,\text{Lat.} + 16{,}1 \,\text{Cos.}\,2\,\text{Lat.}$$

oder mit Weglassung des zweiten unbedeutenden Gliedes

$$T = 13^\circ{,}67 + 17^\circ{,}13 \,\text{Cos.}\,2\,\text{Lat.},$$

welcher jedoch nur für das westliche Europa pafst und wonach die mittlere Temperatur des Aequators = 30°,8, des Poles aber — 3°,46 seyn würde. KÄMTZ kehrt zu der einfachen Formel, wonach

$$T = a + b \,\text{Cos.}^2\,\text{Lat.}$$

gesetzt wird, zurück und bestimmt vermittelst der Beobachtungen an verschiedenen, unter zunehmenden nördlichen Breiten und einander nahen Meridianen liegenden, Orten die Constanten, die aber nach den oben Abschn. δ. mitgetheilten Untersuchungen beträchtlich von einander abweichen müssen, ja selbst auf einem Länderzuge, welcher von Cumana unter 10°, 17′ N. B. bis Fort Sullivan unter 44° 44′ N. B. durch America hinläuft, ist es un-

1 Transact. of the Astronom. Soc. T. II. p. 137 ff.

2 Meteorologie Bd. II. S. 88.

3 Physisch-chemische Schriften. Berl. 1783. 8. Th. III. S. 132.

4 Physiographiske Sällskapets Arsberättelse. Lund 1823. p. 31. Nach KÄMTZ.

5 Poggendorf XV. 181.

6 Mathem. u. phys. Geographie. Th. II. S. 356.

Digitized by Google

möglich, auffallende Abweichungen der beobachteten und berechneten Werthe zu vermeiden. Inzwischen sind diese Untersuchungen wichtig, insofern sie zur genaueren Bestimmung der mittleren Wärme unter dem Aequator dienen, die hierdurch an der Westküste Africa's = 27°,85, an der Ostküste America's = 27°,74, nach Messungen in Hindostan = 27°,62 und im grofsen Ocean = 27°,27 gefunden wird. Hierdurch findet v. Humboldt's Annahme eine gewichtige Stütze. Ob aber die mittlere Temperatur des Aequators nach der Meinung dieses Gelehrten im Innern der grofsen Continente gleichfalls nicht höher sey oder nach der bereits erwähnten Ansicht von Brewster[1], welcher auch Kämtz beitritt, dort allerdings höher ist, darüber läfst sich wohl nicht früher entscheiden, als bis aus jenen Gegenden genügende Beobachtungen vorhanden sind; denn allerdings wird namentlich in Africa die Wärme durch die Einwirkung der abwechselnd ganz oder fast ganz lothrechten Sonnenstrahlen unglaublich gesteigert, allein dagegen sinkt auch eben dort zu gewissen Zeiten, und namentlich oft bei Nacht, die Temperatur bis zu einer Tiefe herab, die sie in America, und insbesondere über dem Meere, nie erreicht, wie dieses im erwähnten Abschnitte genügend nachgewiesen worden ist. Kämtz findet zwar aus den Beobachtungen zu Kouka unter 12° 11′ N. B., zu Cobbé in Darfur unter 14° 11′ N. B., zu Cairo unter 30° 3′ N. B. und zu Tunis unter 36° 48′, die mittlere Temperatur des Aequators im Innern von Africa = 29°,22, und sie würde noch höher geworden seyn, wenn die Messungen von Algier hinzugenommen worden wären, allein hierbei sind die Beobachtungen an den ersten Orten zu sehr interpolirt, für den zweiten sind nur Beobachtungen um 7 Uhr Morgens und 2 Uhr Nachmittags vorhanden, die ein zu grofses Resultat geben, und die an den beiden letzteren Orten sind für die Entscheidung der Frage nicht zuverlässig genug; denn entfernt man sich in Africa über den Wendekreis hinaus, so wird die Wärme durch die heifsen Luftströmungen allzusehr gesteigert, als dafs sich ein genaues Resultat erwarten liefse. Für die aufserhalb des Wendekreises liegende Zone ergiebt sich gleichfalls ans den gehaltreichen Bemühungen von Kämtz, „*dafs man genöthigt* „*ist, für Orte, die zu derselben Gruppe von Klimaten ge-*

1 Edinburgh Journ. of Science. N. IV. p. 260.

„*hören, mehrere einzelne Ausdrücke zu entwickeln*,“ deren Constanten sehr verschieden sind, sich zu keinem allgemeinen Mittel vereinigen lassen und daher auch die Wärme des Poles höchst ungleich angeben. Inzwischen haben diese mühsamen Untersuchungen den grofsen Gewinn gebracht, dafs der eigentliche Lauf der *isothermischen Linien*, die v. HUMBOLDT sehr sinnreich zur Bezeichnung der Temperaturverhältnisse unter verschiedenen Breiten gewählt hat, hierdurch genauer und so genau, als die bis jetzt vorhandenen Beobachtungen erlauben, bestimmt ist. Dessenungeachtet müssen wir es aufgeben, aus dem Gesetze der Temperaturverminderung mit zunehmender Breite auf irgend einem von Süden nach Norden fortlaufenden Streifen der Erdoberfläche die Temperatur des Poles bestimmen zu wollen, weil die auf diese Weise erhaltenen Resultate nicht blofs ausnehmend verschieden sind, sondern auch mit unzweifelhaften Thatsachen im Widerspruch stehen. Dafs die Temperatur des Poles nicht = 0° C. seyn könne, wie T. MAYER, D'AUBUISSON und Andere annahmen, oder = — 0°,5 nach KIRWAN, geht aus der Lage der Isotherme von 0° C. einleuchtend hervor, die Bestimmung von — 3°,46 C. nach E. SCHMIDT könnte der Wahrheit näher kommen, allein sie ist blofs auf die Wärme-Abnahme an der Westküste des alten Continents gegründet. BREWSTER[1] legt später zu erwähnende Data zum Grunde und bestimmt sie hiernach zu — 11°,7. ARAGO[2] findet unter der Voraussetzung, dafs das Festland von Grönland bis zum Pole reiche, aus den Messungen zu Cumberland-House, Nain, Fort Enterprise, Winter-Island, Igloolik, und Melville — 52° C., aus denen zu Christiania, Edinburg und Eyafiord unter der Voraussetzung, dafs das Meer sich bis zum Pole erstrecke, — 18° C., und nimmt daher — 25° C. als ungefähres Mittel an. KÄMTZ endlich findet aus einer Linie, die durch Schottland und Island geht, die Temperatur des Poles = — 8°,35, aus einer an der Westküste von America hinlaufenden = — 7°,38 und aus einer an der Ostküste Asiens = — 8°,75 mit so genauer Uebereinstimmung, dafs das Mittel aus diesen drei Bestimmungen = — 8° C. der Wahrheit sehr nahe zu kommen scheint.

123) Die oben (Abschn. d.) mitgetheilten Temperaturverhältnisse auf drei kenntlichen Streifen der Erdoberfläche, die

1 Edinburgh Journ. of Science. N. Ser. VIII. p. 316.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 434.

sich vom Aequator, oder eigentlicher von den Wendekreisen an, nach dem hohen Norden erstrecken, führen unwidersprechlich zu dem Resultate, daſs die Wärme auf den beiden durch das asiatische und americanische Festland gehenden Länderstrecken mit zunehmender Breite schneller abnimmt, als auf der durch das africanische Festland hinlaufenden, auf welcher zugleich die westliche Küste Europa's liegt. Zu einem ähnlichen Resultate wurde Kämtz durch die Zusammenstellung der Temperaturen geführt, die Parry und Franklin im nördlichen Theile Americas gemessen haben, aus denen, verglichen mit den Messungen bei und jenseit Spitzbergen, evident hervorgeht, daſs die Isotherme von — 10° C. den geographischen Nordpol nicht mehr erreicht, sondern in einiger Entfernung von demselben in sich selbst wieder zurückläuft, also einen kälteren Punct umgiebt, als der geographische Pol selbst ist. Am frühesten hat Brewster[1] das Problem richtig aufgefaſst, nachdem bereits v. Humboldt die Unterscheidung des milderen Küsten-Klima's im westlichen Europa vom Continental-Klima der östlicher gelegenen Länder hervorgehoben hatte. Hierdurch muſste die Vorstellung eines einzelnen Punctes gröſster Kälte, worin sich alle Linien der abnehmenden Temperatur sonst vereinigt haben würden, schwinden, und es muſste deren zwei geben, die durch Brewster genau bezeichnend *Kältepole* genannt wurden. Fernere Vergleichungen genau gemessener Temperaturen unter zunehmenden Breitengraden führten Brewster[2] zu dem Resultate, daſs die mittlere Wärme der Orte an der Westküste des alten Continents auf einem Länderzuge, welcher vom Aequator aus von Funchal bis Cairo reicht, Italien und Frankreich in sich faſst, durch die Niederlande[3] über England hinläuft und dann die skandinavische Halbinsel bis Uleo einschlieſst, durch die Formel in Fahrenheit'schen Graden

$$T = 81°,5 \text{ Cos. Lat.}$$

sehr annähernd ausgedrückt werden kann. In der That betragen die gröſsten Abweichungen der beobachteten Werthe von den berechneten bei den 30 gewählten Orten nicht mehr

1 Edinburgh Philos. Trans. T. IX. p. 201.

2 Edinburgh Journal of Science. New Ser. N. VIII. p. 300.

3 Deutschland ist in den angegebenen Orten nicht mit begriffen, inzwischen weicht die mittlere Temperatur daselbst bekanntlich von der in Frankreich nicht merklich ab.

Digitized by Google

als — 1°,76 F. (0°,976 C.) für Cairo und + 2°,88 F. (1°,6 C.) für Umeo, und es läſst sich auſserdem leicht erklären, daſs die mittlere Wärme zu Cairo wegen örtlicher Einflüsse zu groſs, die von Umeo aber zu klein gefunden wurde, wobei noch obendrein die Genauigkeit der Beobachtungen zweifelhaft scheinen könnte, da die Abweichung für das nördlicher und östlicher gelegene Uleo nur + 1°,11 F. (0°,616 C.) beträgt. Für die Zone von 70° bis 80° N. B. benutzte Scoresby seine zwar nur in den Sommermonaten angestellten Beobachtungen, die also für die Wintermonate interpolirt werden muſsten, und fand aus 650 Messungen für 76° 45′ N. B. die mittlere Temperatur = 18°,86 F. (— 7°,54 C.), für 78° N. B. aber 16°,99 F. (— 8°,33 C.) mit einer Abweichung von der Formel, welche nicht mehr als 0°,16 F. (0°,09 C.) und 0°,04 F. (0°,02 C.) beträgt, also füglich für verschwindend gelten kann. Mit Rücksicht auf den Einfluſs des vielen unter dem Pole angehäuften Eises findet Brewster die Temperatur des Poles = — 15°,12 C. Brewster vergleicht auſserdem die durch v. Humboldt aus einer Menge von Beobachtungen gefundenen mittleren Temperaturen für die Parallelen von 30° bis 60° N. B. nebst den beiden durch Scoresby bestimmten mit den Resultaten seiner Formel und erhält folgende auf Centesimalgrade reducirte Gröſsen:

Grade N. B.	Mittlere Temp. Beob.	Berechn.	Untersch.
30°	21°,40	21°,42	+0°,04
40	17,30	16,90	— 0,40
50	10,50	11,32	+ 0,82
60	4,79	4,86	+ 0,07
76 45′	—7,31	—7,41	— 0,10
78	—8,33	—8,37	— 0,04

Die positiven und negativen Unterschiede heben sich fast auf und sind auſserdem so klein, daſs man sie füglich als Folgen von Beobachtungsfehlern oder örtlichen Einflüssen ansehen kann, woraus sich dann sogleich ergiebt, daſs die der Formel zum Grunde liegende mittlere Temperatur des Aequators = 81°,5 F. (27°,5 C.) die richtige seyn müsse. Ein ganz abweichendes Resultat der mittleren Temperaturen stellt sich aber heraus, wenn man die in der neuen Welt angestellten Beobachtungen mit den eben angegebenen zusammenstellt. Es ergeben sich dann für die verschiedenen Breitengrade folgende mittlere Temperaturen in Centesimalgraden.

Digitized by Google

	Mittlere Temp.		
Grade N. B.	Alte Welt.	Neue Welt.	Untersch.
30°	21°,40	19°,40	2°,00
40	17,30	12,50	4,80
50	10,50	3,30	7,20
60	4,79	—4,60	9,39

Hiernach würde der Pol eine Kälte haben, wie sie nach den in der Gegend von Spitzbergen angestellten thermometrischen Messungen unmöglich statt finden kann.

124) Mit Recht bemerkt Brewster, dafs die Ursachen der ungleichen mittleren Temperaturen der Orte unter gleichen Graden höherer nördlicher Breite, aber verschiedenen Graden der Länge noch nicht theoretisch bestimmt sind und wir uns daher vorerst blofs an die Beobachtungen halten müssen. Nach theoretischen Gründen müfste die Wärme dem Quadrate des Cosinus der Breite proportional abnehmen, weswegen auch die meisten Gelehrten der Formel von Tob. Mayer beipflichteten, und es bleibt immer merkwürdig, dafs der von Brewster gewählte Ausdruck, worin die einfache Potenz des Cosinus der Breite enthalten ist, für den wärmsten Erdstrich an der Westküste des alten Continents so genau mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate giebt. Die auf dieser Strecke durch Messungen gefundenen mittleren Temperaturen und die hieraus gefolgerte Wärme des Nordpols, verglichen mit den Resultaten der Messungen östlich und insbesondere westlich von diesem wärmsten Erdstriche, führten unwidersprechlich zu dem Resultate, zwei *Kälte-Pole* oder *isothermale Pole*, wie sie auch genannt werden, anzunehmen. Brewster versuchte daher, die mittlere Wärme der Orte durch die Formel

$$T = 82°,8 \text{ Sin. D.}$$

auszudrücken, worin D den Abstand vom Kältepole bezeichnet und 82°,8 als mittlere Temperatur unter dem Aequator angenommen wird, die dann zu dem Resultate führt, dafs die mittlere Temperatur unter dem Kältepole = 0° F. (— 17°,78 C.) seyn müsse. Die Lage dieser Pole genau und ganz bestimmt anzugeben, dazu fehlen die Beobachtungen, Brewster setzt jedoch den transatlantischen (besser den westlichen oder americanischen) in 100° westlicher Länge von Greenwich, den asiatischen (oder östlichen) aber in 95° östl. Länge und beide in 80° N. B., wonach also der westliche etwa 5° nördlich

Digitized by Google

von Graham Moore's Bai in das Polarmeer, der östliche aber nördlich der Bai von Taimura unweit des Nord-Ost-Caps liegen müfste. Indem er dann unter diesen Voraussetzungen für eine Menge Orte die Temperaturen berechnet und die erhaltenen Werthe mit den durch Beobachtungen gefundenen vergleicht, zeigt sich allerdings eine sehr genaue Uebereinstimmung, wenn die mittlere Temperatur des asiatischen Poles zu 1° F. (— 17°,22 C.), die des americanischen aber zu — 3°,5 F. (— 19°,7 C.) angenommen wird[1], wonach der analytische Ausdruck für diejenigen Orte, deren Temperatur aus ihrem Abstande vom asiatischen Pole gesucht wird, in Fahrenheit'schen Graden

$$T = 81°,8 \text{ Sin. } D + 1°$$

heifst, für diejenigen Orte aber, deren mittlere Temperatur aus ihrem Abstande vom americanischen Pole bestimmt werden soll,

$$T = 86°,3 \text{ Sin. } D - 3°,5,$$

wobei D den sphärischen Abstand vom Kältepole bezeichnet. Hiermit setzt dann BREWSTER die bereits erwähnte ungleiche Temperatur des Aequators in Verbindung, die in Africa ihr Maximum von 82°,8 F. (28°,22 C.), in Asien und America aber ihr Minimum von 81°,5 F. (27°,49 C.) haben soll; den Unterschied von 1°,3 F. (0°,73 C.) leitet er von den kalten Luftströmungen her, die von Canada und Sibirien aus dem Aequator zufliefsen. Hierbei stützt er sich namentlich auf einige Angaben von A. v. HUMBOLDT[2], wonach in Folge der von der Hudsonsbai herkommenden Winde das Thermometer zu Vera Cruz bis 16° C. herabgeht und die temperirte Zone sich bis über den Wendekreis hinaus erstreckt. Auch an der Ostküste von Mexico mildern nördliche Luftströmungen die Hitze, so dafs das Thermometer bis 17° C. sinkt, ja die Temperatur erhielt sich zuweilen im Februar ganze Tage auf 21° zu Tabasco unter 18° N. B., während es zu Acapulco unter 16° 15′ N. B., welches gegen die nördlichen Winde von Canada geschützt ist, 28° und 30° C. zeigte. Als eine durch solche

1 Nach den oben (δ) mitgetheilten thermometrischen Messungen in Sibirien mufs ich bezweifeln, dafs der westliche Kältepol der kälteste sey, vielmehr liefsen sich Gründe für das Gegentheil auffinden.

2 In Essai politique sur la nouvelle Espagne.

Digitized by Google

Strömungen der Polarluft erzeugte, durchaus ungewöhnliche und unglaubliche Erscheinung wäre dann zu betrachten, dafs am 7. Jan. 1836 am Bord der Brigg Le Hussard neben Cuba, unter 23° N. B., das Thermometer auf — 12° C. sank, wenn anders die Beobachtung richtig ist[1].

Brewster bemerkt zuletzt, dafs zwar gute Resultate erhalten werden, wenn man zwei Kältepole in gleichen Abständen vom Aequator annimmt, allein es ist wohl möglich, dafs die Beobachtungen noch genauer übereinstimmen, wenn man sie in ungleiche Entfernungen vom Aequator und nicht gerade 180 Grade von einander abstehend setzt, auch ihnen eine nicht ganz gleiche Temperatur zueignet. Auf jeden Fall erklären sich aus ihrer Annahme die zahllosen Anomalieen der mittleren Wärme an Orten unter gleicher Breite, indem diese nicht blofs von der Einwirkung der Sonnenstrahlen abhängt, sondern durch anderweitige Einflüsse bedingt wird. Auf gleiche Weise haben vermuthlich auch die beiden magnetischen Pole einen ungleichen Abstand vom geographischen Nordpole, sind aufserdem höchst wahrscheinlich einander nicht diametral gegenüberstehend und nicht von gleicher Stärke. Behutsam äufsert sich Brewster über den Zusammenhang zwischen den beiden kältesten Puncten der Erde und den Magnetpolen, welcher, wie er meint, zwar nicht unmittelbar aus der Natur der Sache gefolgert werden könne, sich aber zu auffallend herausstelle, als dafs er bei den naturphilosophischen Speculationen übersehen werden dürfe. Dafs dieses Zusammenfallen nur zufällig sey, geht nach seiner Ansicht schon aus den durch Hansteen nachgewiesenen Umläufen der magnetischen Pole hervor, deren einer hierzu 1740, der andere aber 860 Jahre gebrauche. An diese allgemeine Idee knüpft Brewster dann noch andere Hypothesen, namentlich die einer Wanderung der Kältepole, ähnlich jener der magnetischen, weil ehemals die Kälte im westlichen Europa so viel gröfser gewesen sey und man daher wohl annehmen dürfe, dafs der jetzt durch Canada laufende thermische Meridian durch Italien gegangen sey. Inzwischen sind diese und andere Vermuthungen seitdem nicht bestätigt worden, es fehlten damals dem wackern Gelehrten, der die Aufgabe über die thermischen Verhältnisse der Erde

1 Compte rendu. 1837. T. I. p. 294.

Digitized by Google

einen bedeutenden Schritt weiter gefördert hat, diejenigen Thatsachen, nach denen er verlangte und durch deren Combination bedeutend mehr Licht über das Ganze verbreitet wird, wie im folgenden Abschnitte gezeigt werden soll.

125) Brewster hat später in seiner Zeitschrift die Resultate seiner Formel mit den durch Beobachtung gefundenen mittleren Temperaturen an den verschiedensten Orten verglichen; auch durch Andere ist dieses geschehn, und es zeigt sich hierbei allezeit eine so genaue Uebereinstimmung, dafs die Richtigkeit der Hypothese im Ganzen unverkennbar daraus hervorgeht. Insbesondere mufste die angedeutete Idee über das Zusammenfallen der magnetischen Curven mit den isothermischen um so gröfsere Aufmerksamkeit erregen, je genauer der Zusammenhang zwischen der Wärme und dem Magnetismus nach den neuesten Entdeckungen des Thermomagnetismus sich herausgestellt hat, wonach nicht ohne triftige Gründe der Magnetismus unserer Erde als das Resultat ihrer täglich wechselnden Erwärmung durch die Sonnenstrahlen und die hierdurch hervorgerufene Thermoelektricität betrachtet wird[1]. Am frühesten hat Hansteen[2], dieser mit den Erscheinungen des tellurischen Magnetismus so innig vertraute Gelehrte, auf den Zusammenhang der mittleren Temperatur der Orte und ihrer Lage gegen die magnetischen Pole aufmerksam gemacht, indem er es als unzweifelhaft betrachtet, „dafs die Temperatur in der Nähe von „drei Magnetpolen[3] weit geringer ist, als an andern Orten der „Erde unter einer und derselben Breite, und dafs die drei Er„scheinungen, die gröfsere magnetische Intensität, die niedrigere „Temperatur und das Polarlicht, eine gemeinschaftliche dyna„mische Ursache im Innern der Erde haben.“ Der letztere Zusatz, wonach die Ursache des Magnetismus in das Innere der Erde gesetzt wird, steht im Zusammenhange mit Hansteen's bekannter Theorie, die jedoch ungeachtet des grofsen,

---

1 Vergl. *Magnetismus.* Bd. VI. S. 1079.

2 Untersuchungen über den Magnetismus der Erde u.s.w. Christiania 1819. 4. Vorrede. Vergl. Poggendorff XXVIII. 583.

3 Diese sind der americanische, der sibirische und der unter der Südspitze von America liegende; der vierte ist aus Mangel an Beobachtungen noch nicht bestimmt; auch scheint es mir noch immer problematisch, ob es auf der südlichen Hemisphäre gleichfalls zwei Magnetpole giebt.

Digitized by Google

auf sie verwandten Schatzes tiefgelehrter Forschungen nicht wohl haltbar seyn kann, weil magnetische Polarität mit der neuerdings erwiesenen großen Hitze des Erdkerns ganz unverträglich scheint. Auch KUPFFER[1] wurde auf den Zusammenhang der isodynamischen und isothermischen Linien geführt, insofern der tellurische Magnetismus durch die ungleiche Temperatur unter den nämlichen Parallelen in der Art bedingt wird, daſs die Puncte gröſserer Kälte mit den Puncten gröſserer magnetischer Intensität zusammenfallen müssen, selbst wenn die Erde nicht eigentlich thermoelektromagnetisch seyn sollte. Durch die genauere Bestimmung der magnetischen isodynamischen Linien und durch die neuesten thermometrischen Messungen der Capitaine Ross und BACK in Nordamerica, so wie durch HANSTEEN, ERMAN und Andere in Sibirien, ist die Lage der Kältepole näher bestimmt worden, und man darf sie der Wahrheit sehr nahe kommend den americanischen zwischen den 95sten bis 100sten Grad westlicher Länge von Greenwich und zwischen den 68sten bis 74sten Grad N. B., den sibirischen aber zwischen den 115ten bis 130sten Grad östl. Länge, ungefähr in den Meridian setzen, welcher zwischen den durch ungewöhnliche Kälte ausgezeichneten Orten Krasnojarsk und Jakuzk hinläuft. Die nördliche Breite des letzteren scheint mir schwer bestimmbar. Soll derselbe mit dem sibirischen Magnetpole zusammenfallen, so müſste er in etwa 80° N. B. anzutreffen seyn, inzwischen vermuthe ich, daſs beide sibirische Pole, der magnetische und der Kälte-Pol, etwas weiter vom Erdpole abstehen und zwischen den 75sten bis 78sten Grad N. B. fallen. Zur leichteren Uebersicht dient die nach v. HUMBOLDT[2] gezeichnete graphische Darstellung der isothermischen Linien[3], die mindestens annähernd richtig sind. Eine Vergleichung derselben mit den Isoklinen und den isodynamischen Linien der nördlichen Halbkugel[4] giebt die Ueberzeugung von dem nahen oder vielmehr unmittelbaren Zusammenhange des magnetischen und thermischen Verhaltens auf diesem Theile der Erd-

---

1 Edinburgh Journ. of Science. New Ser. N. IV. p. 258.

2 Fragmente einer Geologie und Klimatologie Asiens. Berl. 1832. 8. Die Ergebnisse einiger neueren Bestimmungen sind bei der Zeichnung der Linien berücksichtigt worden.

3 S. die den Kupfertafeln beiliegenden Charten.

4 Auf Charte IV. des VI. Bds. 2. Abth.

Digitized by Google

oberfläche, und dafs beides mit der Theorie leicht vereinbar sey, wird im folgenden Abschnitte gezeigt werden.

126) Da es sehr interessant ist, die mittleren Temperaturen bekannter Orte zu kennen, so haben verschiedene Gelehrte dieselben tabellarisch zusammengestellt. Die erste ausführliche Arbeit dieser Art lieferte Kirwan[1], als eine Fortsetzung derselben ist eine Tabelle von Cotte[2] zu betrachten, welche eine zahlreiche Menge von Orten von 0° bis 60° N. B. in sich begreift, eine grofse Zahl weiterer Beiträge hierzu haben v. Humboldt[3], Arago[4], Boussingault[5] und Schön[6] geliefert, Toaldo[7] sammelte die Thermometerbeobachtungen von 26 Städten in Italien, stellte sie, jedoch ohne Kritik, in eine Tabelle zusammen und fand als allgemeines Mittel aus allen 10°,51 R. (13°,14 C.), die vollständigste Tabelle, worin nicht blofs die mittleren jährlichen, sondern auch die monatlichen, häufig durch Interpolation gefundenen Temperaturen und die der Jahreszeiten aufgenommen sind, findet sich in dem vielgenannten classischen Werke von Kämtz[8], auch hat Löwenberg seiner obengenannten Uebersetzung des Werkes A. v. Humboldt's[9] eine Tabelle beigegeben, welche 152 Orte enthält. Alle diese habe ich benutzt, wo mir nicht neuere und sicherere Beobachtungen zu Gebote standen, und sie in der nachfolgenden, nach der Observanz unseres Werkes alphabetisch geordneten Tabelle aufgenommen. Die Bestimmung der geographischen Lage der Orte ist nicht bei allen hinlänglich genau bekannt, ich habe jedoch diejenigen Angaben gewählt, die mir die sichersten schienen, auch ist der Meridian von Greenwich als erster angenommen. Die Temperaturen sind in Graden der 100theiligen Scale angegeben.

---

1 Estimate of the Temperature of different Latitudes. Lond. 1787. Vergl. Hutton Dictionary. Art. Atmosphäre.

2 Journ. de Phys. T. XXXIX. p. 28.

3 In dessen oft erwähnten Abhandlungen über Temperaturverhältnisse, in seinen Reiseberichten u. s. w.

4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII.

5 Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.

6 Witterungskunde.

7 Saggio di Padova. T. III. p. 216.

8 Meteorologie. Th. II. S. 88.

9 A. v. Humboldt's Fragmente einer Geologie und Klimatologie Asiens. Berl. 1832.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Aberdeen [1]	57° 9′N.	2° 6′W.	— —	— —	— —	8°,64
Abo [2] . .	60 27 —	22 17 O.	0	— —	— —	4,61
Abuscheher [3]	28 15 —	50 54 —	— —	— —	— —	25,03
Albany [4] .	42 39 —	73 47 W.	130	35°,56	—35°,60	10,56
Algier [5] . .	36 48 —	2 50 O.	0	— —	— —	21,28
Amsterdam [6]	52 22 —	4 50 —	0	— —	— —	10,90
Andex [7] .	48 10 —	11 15 —	2886	— —	— —	8,68
Anserma Nuevo [8]	— — —	— — —	3231	— —	— —	23,80
Apenrade [9]	55 30 —	9 26 —	100	26,00	— 19,83	6,69
Arnstadt [10]	50 49 —	10 48 —	849	34,75	— 28,50	9,25
Arras [11] .	50 17 —	2 45 —	— —	— —	— —	10,20
Athen [12] .	37 58 —	23 46 —	0	— —	— —	15,50
Auburn [13]	42 55 —	76 55 W.	— —	34,44	— 20,55	8,86
Augustine, St. [14] .	29 50 —	81 27 W.	— —	34,44	5,56	22,35
Bancoorah [15]	23 20 —	85 9 O.	215	— —	— —	26,02
Banff [16] .	57 37 —	2 27 W.	0	21,11	— 8,33	9,26

1 Beob. von Innes 1823 bis 1830 in Edinb. New Phil. Journ. N. XXI. p. 152.

2 Hällström vielj. Beob. in Poggendorff Ann. IV. 401.

3 Beob. von Jukes in Malcolm History of Persia II. 505.

4 Beck in An Abstract of the Returns of meteorol. Observations cet. Newyork 1825. Vergl. Edinb. Journ. of Sc. N. XVI. p. 303. N. S. N. II. 250. N. VII. 78.

5 Kämtz. Tab. S. 88.

6 Beob. von Mohr u. van Swinden nach v. Humboldt in Mém. d'Arcueil T. III. p. 602.

7 Schön Witterungskunde.

8 Beobachtungen von Caldas nach Boussingault in Ann. de Chim. et Ph. T. LIII. p. 225.

9 Neuber in Collectanea meteorologica. Fasc. I. Hafn. 1829. p. 203.

10 Lucas in Kastner Archiv. Th. VIII. S. 48.

11 v. Humboldt in Mém. d'Arcueil T. III. p. 580.

12 Peytiers Beob. von 1833 bis 1835 in l'Institut 5me Ann. N. 191. p. 2.

13 Beob. von C. Rudd. S. Albany.

14 Bericht d. Militair-Aerzte d. nordam. Staaten, mitgeth. durch Lovel in Edinb. Journ. of Sc. N. XX. p. 267.

15 Beob. von Macritchie in d. J. 1827 u. 28. Edinb. New Phil. Journ. N. XXVI. p. 343.

16 Einjährige Beobachtungen in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 336.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Barnaul[1].	53°,20′ N.	83° 27′ O.	366	— —	— —	1°,73
Barranquilla[2] . .	11 0 —	— —W.	—	— —	— —	27,90
Batavia[3].	6 12 S.	106 5 O.	0	30°,56	21°,67	27,78
Bâton Rouge[4] . .	30 36 N.	91 15W.	—	36,67	—23,90	18,50
Bedford[5], New .	41 38 —	70 56 —	—	33,33	—20,00	9,50
Belmont[6]	60 42 —	0 51 —	66	18,77	— 4,00	7,05
Benares[7]	25 20 —	83 5 O.	—	55,00	7,20	25,20
Benin[8], Bai	6 0 —	4 30 —	0	31,25	21,97	26,61
Bergen[9] .	60 24 —	5 18 —	54	26,00	—28,00	8,18
Berlin[10] .	52 31 —	13 23 —	106	35,00	—29,75	9,11
Bermuda[11]	32 30 —	65 0W.	55	27,22	7,50	19,71
Bern[12] .	46 57 —	7 33 O.	1638	— —	— —	7,29
Bernhard[13]	46 43 —	8 23 —	7668	18,00	—23,90	—1,26
Bogoslowsk[14]	60 0 —	26 20 —	600	— —	— —	—1,50
Bombay[15]	18 58 —	72 38 —	0	32,78	15,00	24,86
Boston[16]	42 21 —	71 4W.	—	38,89	—26,10	9,58

1 Ledebour's Reise I. 360.

2 Boussingault in Ann. Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.

3 Kriel in Edinb. Journ. of Sc. N. X. p. 269. Nach Reinwardt ist die mittlere Temp. 27°,78. S. ebend. N. XI. p. 119. Nach Kriel ist sie 25°,86.

4 Silliman Amer. Journ. T. VI. p. 28.

5 Ebend. XVI. 46. XX. 162. XXII. 298.

6 Beobacht. von Scott in Edinburgh New Phil. Journ. N. V. p. 118.

7 Nach v. Humboldt in Edinb. Journ. of Sc. N. XI. p. 141. und Poggendorff Ann. XXIII. 94.

8 Marwood Kelli in Ann. of Phil. 1823. Mai p. 360.

9 Nach Bohr aus 6jährig. Beob. im Magazin for Naturvid. Bd. II. Vergl. Bedemar Reise Th. I. S. 244. Th. II. S. 180.

10 Nach Maedler in l'Institut 1836. N. 178. Vergl. Mannheimer Ephemeriden.

11 Emmet aus einjährigen Beobachtungen in Lond. and Ed. Phil. Mag. N. LXXI. p. 41.

12 Fueter in Bibl. univ. T. XXXIV. p. 48.

13 Bibl. univ. 1835. p. 408. 1837. Avril. p. 383.

14 Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 178.

15 Arie aus einjähr. corr. Beob. Edinb. Journ. of Sc. N. XVIII. 17. XIX. 17.

16 Beob. von 1820 bis 1830. Silliman Am. Journ. XX. 264.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Bourbon [1]	21° 15′ S.	54° 20′ O.	132	— —	— —	25°,04
Bourdeaux [2]	44 50 N.	0 34 W.	0	— —	— —	13,60
Bowen (Port) [3]	73 15 —	— — —	0	1°,11	—42°,77	—15,60
Brady [4], Fort	46 39 —	48 43 W.	—	32,22	— 35,09	5,20
Braganowskaja [5] .	55 45 —	97 50 O.	—	— —	— 62,60	— —
Braunsberg [6]	54 20 —	20 0 —	50	29,22	— 17,62	7,98
Breslau [7] .	51 6 —	17 2 —	311	32,00	— 35,00	8,27
Brest [8] .	48 10 —	4 35 W.	0	— —	— —	14,30
Brooke [9] .	27 57 —	82 35 —	—	33,33	4,44	22,42
Brüssel [10]	50 51 —	4 42 O.	178	35,00	— 20,70	10,80
Brunswick [11], New .	43 53 —	69 55 W.	—	37,22	— 28,33	8,89
Cagliari [12]	39 13 —	9 5 O.	0	— —	— —	16,63
Cairo [13] .	30 3 —	60 18 —	0	43,12	— —	22,50
Calcutta [14]	22 35 —	88 30 —	—	— —	— —	26,27
Cambrai [15]	50 10 —	3 13 —	—	— —	— —	11,10
Cambridge [16]	42 25 —	71 7 W.	—	33,87	— 24,37	10,20
Cambridge [17] (Washingt.)	43 3 —	73 42 —	210	33,33	— 31,66	8,66

1 Gibert Desmolières in Hertha Th. IX. S. 65.

2 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil T. III. p. 602.

3 Parry in Narrative of a second Exped.

4 Lovell's Bericht.

5 Hansteen in Berl. Zeit.

6 Beobachtungen im J. 1836 von Feldt in Poggendorff Ann. XLI. 542.

7 Göppert über Wärmeentwickelung. S. 69.

8 V. Humboldt in Löwenberg's Tabelle.

9 Lovell's Bericht.

10 Vieljähr. Beob. in Quetelet Aperçu hist. des Observ. de Météorologie. Brux 1834. 4. Bulletin de la Soc. de Brux. 1835. T. II. p. 355.

11 Nach Al. Boyle in Edinb. New Phil. Journ. N. I. p. 113.

12 Hertha. Th. VIII. S. 365. Th. IX. S. 178.

13 Nach Nouet. S. Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177. Das Maximum nach Coutelle in Descript. de l'Égypte. 3me Liv. p. 335.

14 Beobachtungen von Traill in As. Res. II. 421.

15 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. III. 350.

16 Edinburgh Phil. Journ. N. XII. p. 350. Extreme aus Mannheimer Ephemeriden.

17 Prime in Abstract of the Returns cet.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Canaan Cottage[1] .	55°56′N.	3° 2′W.	300	27°,78	—11°,11	9°,01
Canandaigua[2] .	42 53 —	77 56 —	— —	34,44	— 17,78	9,29
Canea[3] (Creta)	35 29 —	24 12 O.	— —	— —	— —	17,94
Canton[4] .	23 12 —	113 2 —	— —	34,45	— 1,62	20,91
Capstadt[5]	33 55 S	18 44 —	0	38,80	5,00	18,92
Carbeth[6]	60 0 —	4 22 W.	450	— —	— —	8,34
Carlisle[7] .	54 55 N.	2 50 —	45	— —	— —	9,44
Carlscrona[8]	56 15 —	15 33 O.	0	— —	— —	8,50
Carmaux[9]	43 —	— — —	900	— —	— —	11,50
Carthagena[10]	10 15 —	75 30 W.	— —	— —	— —	27,50
Castle Toward[11]	55 57 —	3 0 —	300	26,11	— 2,22	9,46
Ceylon[12]	7 30 —	80 0 O.	— —	— —	— —	26,68
ChapelHill[13]	38 54 —	79 20 W.	— —	— —	— —	15,66
Chapewyan[14]	55 43 —	111 18 —	— —	36,11	— 34,98	— 0,23
Cheissac[15]	44 54 —	2 50 O.	1476	27,50	2,70	13,50
Cherry Valley[16] .	42 48 —	75 6 W.	— —	35,56	— 27,77	7,82

1 Adie zweijähr. Beob. in Edinburgh Journ. of Sc. N. XVII. p. 187.

2 H. Howe in Abstract of the Returns cet.

3 Sieber Reise nach Creta in Löwenberg's Tabelle.

4 Biblioth. univ. 1834. Août.

5 Vieljähr. Beobachtungen von Colebrooke in Edinb. Phil. Journ. N. XVI. p. 397. Vergl. Freycinet Voy. T. I. p. 352.

6 Vierjährige Beobachtungen in Edinburgh Phil. Journ. N. X. p. 394.

7 Atkinson in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 114.

8 Wahlenberg. S. Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

9 Nach Cordier, ebend.

10 Nach Boussingault in Ann. Chim. Ph. LIII. 225.

11 Beob. von 1834 u. 1835 in Edinb. New Phil. Journ. N. XLI. p. 113.

12 Mittel aus verschiedenen Beobachtungen auf d. Insel. Edinb. Journ. of Sc. N. XI. p. 119.

13 Dreijähr. Beob. von Caldwell aus Silliman Am. Journ. in Edinb. Journ. of Sc. N. XII. p. 249.

14 Aus Abstract of the Returns cet.

15 Mittagsbeob. von 1833 in Ann. d'Auvergne. VII. 144.

16 Beob. von W. Campbell in Abstract of the Returns cet.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Chile[1] . .	33° 0'N.	70° 0'W.	— —	24°,00	0°,00	12°,50
Christiania[2]	59 55 —	10 49 O.	36	— —	— —	5,33
Chunar[3] .	25 9 —	82 54 —	— —	— —	— —	25,20
Chur[4] . .	46 50 —	9 30 —	1878	— —	— —	9,45
Churchil[5]	59 0 —	92 20W.	0	— —	— —	— 3,87
Cincinnati[6]	39 6 —	82 40 —	488	— —	— —	12,12
Clinch[7] .	30 24 —	87 14 —	— —	35,00	—11,67	20,41
Clinton[8]	41 0 —	72 19 —	— —	33,33	—18,33	10,16
Clunie Mansion[9] .	56 35 —	— — —	— —	28,60	— 7,78	8,47
Cobbé[10] .	14 11 —	28 8 O.	— —	— —	— —	27,21
Colombo[11] (Ceylon)	8 30 —	81 15 —	0	30,56	23,89	27,32
Columbia[12]	33 57 —	81 7W.	0	— —	— —	10,60
Congo[13] .	9 S.	15 0 O.	1360	— —	— —	25,26
Council Bluffs[14]	41 25 N.	95 43W.	720	42,22	—29,44	10,45
Coupang[15]	8 20 S.	123 25 O.	0	35,70	23,00	28,50
Crawford[16]	43 3 N.	90 53W.	540	35,56	—33,33	10,57
Croix[17] .	28 28 —	16 17 —	— —	— —	— —	21,47
Cumana[18]	10 17 —	65 15 —	0	33,00	26,54	27,50

1 Caldcleugh Reisen in Südamerica. Weim. 1816. S. 404.
2 Hansteen in Poggendorff Ann. XXVIII. 584.
3 Zweijähr. Beob. in Edinburgh Phil. Journ. N. VIII. p. 442.
4 Nach J. U. v. Salis in Wahlenberg de Veget. cet. p. LXX.
5 Richardson in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.
6 Drake's nat. and stat. View of Cincinnati. In Balbi Essai sur Portugal. T. I. p. 117.
7 Lovell's Bericht.
8 Nach Dayton in Abstract of the Returns cet.
9 Macritchie 3jähr. Beob. in Edinb. New Phil. Journ. N. XLIV. p. 368.
10 Browne Travels. p. 475. in Löwenberg's Tabelle.
11 Nach Foggo in Edinburgh Journ. of Sc. N. IX. p. 141.
12 Scouler in Edinburgh Journ. of Sc. N. XII. p. 351.
13 Smith Beob. nach Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.
14 Lovell's Bericht.
15 Beob. im Octob. von Freycinet in Voyage. T. I. p. 558.
16 Lovell's Bericht.
17 Franz Escolar in Edinburgh Phil. Journ. N. XIX. 187.
18 Boussingault in Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 225. Vergl. F. Rubio in Ann. Chim. et Ph. T. XXII. p. 303.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Cumberland House [1]	54° 0'N.	102°15'W.	— —	30°,56	—42°,21	0°,01
Cuxhaven [2]	53 52 —	8 43 O.	0	32,50	— 21,50	8,56
Danzig [3]	54 20 —	18 37 —	0	— —	— —	6,20
Darwar [4] .	16 28 —	75 11 —	2400	— —	— —	23,90
Delaware [5]	42 17 —	75 16 W.	— —	33,89	— 27,21	8,28
Denainvilliers [6]	48 12 —	3 23 O.	— —	— —	— —	10,73
Dieuze [7] .	48 48 —	6 47 —	— —	— —	— —	10,10
Dile [8] (Timor) .	10 22 S.	127 5 —	0	31,50	25,50	27,50
Domingo [9]	18 15 N.	70 0 W.	0	— —	— —	27,34
Drontheim [10]	63 26 —	10 23 O.	0	— —	— —	4,48
Dublin [11]	53 21 —	6 19 W.	— —	— —	— —	9,30
Dünkirchen [12]	51 2 —	2 22 O.	0	— —	— —	10,30
Düsseldorf [13]	51 15 —	6 45 —	120	— —	— —	10,64
Dutches [14]	41 41 —	74 45 W.	— —	34,44	— 21,11	12,55
Edinburg [15]	55 58 —	3 0 —	220	32,32	— 11,33	8,37
Elberfeld [16]	51 15 —	4 49 O.	407	35,00	— 25,00	10,03
Elgin [17] .	57 40 —	3 10 W.	0	— —	— —	8,90
Enontekis [18]	68 30 —	20 47 O.	1356	— —	— —	—2,86

1 Richardson in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.

2 Woltmann in Buek Hamburgs Clima u. Witterung S. 26.

3 Strehlke in Poggendorff Ann. XXXII. 166. Vergl. Erman Reise. Th. I. S. 350.

4 Christie in Edinburgh New Phil. Journ. N. X. p. 303.

5 Johnson in Abstract of the Returns cet.

6 V. Humboldt in Löwenberg's Tabelle.

7 Levallois in Ann. des Mines. IIIme Sér. T. III. p. 629.

8 Beob. im Octob. von Freycinet in Voyage T. I. p. 558.

9 Kretschmar Zeitschr. für d. gesammte Meteorol. Th. I. S. 143.

10 Berlin in Wahlenberg Flora Lapp. p. XLVI.

11 Beobacht. von 1823 und 1824 in Dublin Philos. Journ. N. I. p. 260.

12 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

13 Maedler im Düsseldorfer Wochenblatt.

14 Nach E. Fay in Abstract of the Returns cet.

15 Adie in Edinburgh Journ. of Sc.

16 Egen aus 12jähr. Beobachtungen in Berghaus Ann. V. 327.

17 Allan aus Beobacht. von 1836 in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLIV. p. 371.

18 Beob. von Grape in Wahlenberg Flora Lapp. p. XLIV. Vergl. Edinb. Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Enterprise[1]	64°30′N.	113° 6′W.	—	25°,56	—49°,45	—9°,90
Epinay[2] .	48 11 —	6 27 O.	—	- -	- -	10,34
Erasmus Hall[3] .	40 37 —	73 58 W.	—	33,33	— 16,11	11,87
Erfurt[4] .	50 59 —	10 0 O.	585	34,50	— 25,00	9,08
Esmeraldas[5]	0 55 —	— — —	—	- -	- -	26,40
Eyafiord[6]	66 30 —	20 30 W.	0	- -	- -	0,18
Fairfield[7]	43 6 —	74 52 —	—	33,89	— 25,55	8,34
Faröer-Inseln[8] .	62 0 —	7 0 —	—	22,49	— 7,56	7,62
Fayetteville[9]	42 58 —	72 35 —	—	34,44	— 28,88	6,77
Felix Harbour[10]	70 0 —	91 53 —	0	21,11	— 68,61	—15,67
Flotbeck[11]	53 32 —	9 58 O.	30	- -	- -	9,18
Fort George[12] (Columbia)	46 18 —	123 0 W.	—	31,11	— 7,22	10,58
Franklin[13]	42 30 —	71 13 —	—	35,56	— 25,55	7,01
Franklin[14] (Fort) .	65 12 —	123 12 —	450	23,33	— 50,00	— 9,00
Franeker[15]	52 36 —	6 22 O.	—	- -	- -	11,00

1 Nach Richardson in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.

2 Hericart de Thury aus der Quellentemperatur. S. Globe 1828. Mars 26.

3 Kidder in Abstract of the Returns cet.

4 Mannh. Ephem.

5 Boussingault in Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.

6 Zweijähr. Beobachtungen von Scheel's in Annals of Philos. T. XI. p. 96.

7 Beobachtungen von Kinnicut in Abstract of the Returns cet.

8 Trevelyan 4jähr. Beobachtungen in Edinb. New Phil. Journ. XXXV. 168.

9 Beobacht. von Martin Field 1829 u. 1831 in Silliman Amer. Journ. T. XVIII. N. II. p. 366.

10 Ross Beob. von 1830 u. 1831. S. oben Maxima u. Minima.

11 Vogt in Berghaus Annalen Th. III. S. 387.

12 Zweijähr. Beobachtungen von Scouler in Edinburgh Journ. of Sc. N. XII. p. 251.

13 In Abstract of the Returns cet.

14 Richardson in Narrative of a second Expedition to the shores of the Polar-Sea by John Franklin. Lond. 1828. App. II.

15 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Frankfurt[1] a. M. .	50° 7'N.	8°45' O.	228	37°,50	—18°,00	9°,83
Fulda[2] .	50 34 —	9 40 —	834	- -	- -	8,28
Funchal[3]	32 36 —	16 56 W.	—	27,78	10,56	19,16
Genf[4] . .	46 12 —	6 9 O.	1212	36,25	— 21,75	9,46
George Town[5]	34 0 S.	42 40 —	—	- -	- -	17,85
Giwarten-Fiäll[6] .	5 0 N.	11 30 —	0	- -	- -	28,33
Goldküste[7]	66 0 —	13 20 —	1500	- -	- -	—3,75
Gosport[8]	50 48 —	1 6 W.	0	- -	- -	10,97
Gotha[9] .	50 56 —	10 44 O.	878	32,80	— 11,11	8,78
Gotthard[10]	46 30 —	8 35 —	6438	19,47	— 30,00	—1,05
Göttingen[11]	51 32 —	9 53 —	412	- -	- -	8,30
Graaf Reynet[12] .	32 11 S.	26 0 —	1050	37,78	1,11	16,77
Greenville[13]	42 25 N.	74 21 W.	—	33,33	— 27,21	9,25
Guayaquil[14]	2 11 S.	79 56 —	—	- -	- -	26,00
Guayra[15]	10 37 N.	67 7 —	—	- -	- -	27,50
Haag[16] .	52 3 —	4 20 O.	0	- -	- -	11,13
Halle[17] .	53 33 —	11 58 —	—	35,62	— 21,88	9,25

1 Meermann in Thilo über Pet. Meermann's thermometr. Beob. Frankf. 1821. 4. Im Jahre 1823 ging das Thermometer zu Frankfurt bis — 21°,5 herab, wie oben erwähnt worden ist.

2 Heller's 11jähr. Beob. in Schübler's Meteorologie.

3 Heineken in Edinb. Journ. of Sc. N. XIX. p. 77. New Ser. N. I. p. 4.

4 Nach den letzten 38 Jahren in Bibl. univ. 1835. p. 408. Vergl. 1837. Avril. p. 368.

5 Aus Meteorological Diary (1821 u. 1822.) in Löwenberg's Tabelle.

6 Nach Wahlenberg aus Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

7 Monrad Gemälde d. Küste von Guinea. Weim. 1824.

8 Burney in Ann. of Phil. von 1816 bis 1828.

9 Beob. von 1834 in Kastner Arch. IX. 40.

10 Brandes Beiträge zur Witterungskunde. S. 9.

11 V. Humboldt Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

12 Beob. in 1818 u. 1819. von Knox. S. Edinb. Phil. Journ. N. XIV. p. 385. Vergl. N. X. p. 280.

13 Wheeler in Abstract of the Returns cet.

14 Boussingault in Ann. Ch. et Phys. T. LIII. p. 225.

15 Ebend.

16 Van Swinden in Cotte Mém. T. II. p. 385.

17 Beobachtungen von Winkler in Schweigg. Journ.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Hamburg[1]	53°33′N.	9°58′ O.	36	36°,00	—29°,00	8°,90
Hamilton[2]	42 48—	75 32 W.	—	35,00	— 28,83	8,03
Hartwick[3]	42 38—	75 4 —	—	35,56	— 31,10	8,00
Havannah[4]	23 9—	82 13 —	0	32,30	10,00	25,62
Hawaii[5] .	19 30—	150 50 —	0	31,11	15,00	23,90
Heidelberg[6]	49 24—	8 41 O.	348	36,25	— 26,25	10,01
Helston[7]	50 9—	5 30 W.	0	- -	- -	10,78
Hobarttown[8]	42 53 S.	147 35 O.	—	- -	- -	11,34
Howard[9] (Fort) .	44 40N.	87 0 W.	540	37,78	— 38,88	6,94
Hudson[10]	42 15—	73 45 —	—	37,22	— 21,66	8,11
Jago[11] St.,	15 0—	17 33 —	0	- -	- -	25,00
Jakuzk[12]	62 2—	129 43 O.	270	30,00	— 60,00	—7,36
Jamaica[13]	18 0—	76 45 W.	0	33,33	17,78	25,58
Jekaterino-grod[14]	43 45—	44 20 O.	780	- -	- -	13,60
Jemteland[15]	63 0—	18 3 —	1302	- -	- -	2,77
Jena[16] . .	50 56—	11 37 —	—	- -	- -	8,45

1 Buek Hamburgs Klima. S. 26.

2 Beobachtungen von Z. Morse in Abstract of the Returns etc.

3 Hazelins ebendas.

4 Ferrer nach Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177. u. Ramon de la Sagra in Kastner Archiv. Th. XV. S. 291.

5 Beobacht. der Missionaire in Edinburgh Journ. of Sc. N. X. p. 370.

6 Aus Beobachtungen von 1818 bis 1836 am Morgen u. Abend um 9 Uhr reducirt.

7 Moyle's Beobachtungen von 1822 bis 1824 u. von 1826 in Ann. of Philos.

8 Mittel nach Brisbane in Edinb. Journ. of Science N. III. p. 75. Meinicke giebt an: Winter 5°,7; Frühling 11°,6; Sommer 17°,2 und Herbst 10°,8. S. Berghaus Ann. 12ter Jahrg. S. 366.

9 Lovell's Bericht.

10 Nach Fairfield ebendas.

11 Nach Hamilton, s. Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

12 Erman in Berghaus Ann. Th. V. S. 342. Uncorrigirt beträgt die mittlere Temperatur — 7°,25 C.

13 Fünfjähr. Beobachtungen in Edinburgh New Phil. Journ. N. IV. p. 318. Vergl. Edinb. Phil. Journ. N. XIV. p. 257.

14 F. Parrot Reise zum Ararat. Th. II. S. 50. Aus Quellen.

15 Törnsten aus 4,5jähr. Beobachtungen in Neue Abh. d. schwed. Acad. Th. XII. S. 86.

16 Schübler Meteorologie S. 201.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Jesup [1] (Cant.)	31°30′N.	93°47′W.	—	36°,11	—13°,89	20°,17
Igloolik [2]	69 30 —	82 30 —	0	10,00	— 45,55	-16,56
Iloulouk [3] (Unalaschka)	53 53 —	168 20 —	0	13,75	— 3,87	4,62
Insbruck [4]	47 16 —	11 23 O.	1766	- -	- -	9,35
Johnston [5] (Fort)	34 0 —	78 5 W.	—	33,33	— 3,33	9,26
Johnstown [6]	43 0 —	74 8 —	—	35,56	— 23,90	8,05
Joyeuse [7]	44 28 —	4 15 O.	600	35,00	— 16,25	14,00
Irkuzk [8] .	52 17 —	104 11 —	1164	27,50	— 29,71	—0,36
Island [9] .	65 0 —	20 0 W.	0	21,11	— 37,21	—0,50
Ithaka [10] .	42 26 —	76 30 —	—	35,56	— 13,33	10,75
Kacheti [11]	42 0 —	45 20 O.	1000	- -	- -	14,20
Kalmücken-Steppe [12]	47 0 —	41 20 —	108	- -	- -	13,00
Kasan [13] .	55 48 —	49 7 —	270	34,40	39,82	1,97
Karlsruhe [14]	48 59 —	8 17 —	380	36,62	— 26,90	10,48
Kendal [15]	54 17 —	2 46 W.	0	- -	— - -	7,87
Keswik [16]	54 30 —	3 8 —	0	- -	- -	8,87

1 Lovell's Bericht.

2 Richardson in Edinburgh Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.

3 Lütke in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. VI. p. 417.

4 Nach Zollinger in Suppan Hypsometrie vermittelst phys. Beob. Insb. 1834. S. 40.

5 Lovell's Bericht.

6 Bennet in Abstract of the Returns cet.

7 Bibl. univ. T. XXXVII. p. 5.

8 Zehnjähr. Beob. von Simon Schtsukin in Mém. de la Soc. des Sc. de Petersb. VIme Sér. T. II. p. 1. Im Auszuge in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. VII. p. 2.

9 Mackenzie Reise durch die Insel Island. Weim. 1815. S. 295.

10 Phinney in Abstract of the Returns cet.

11 F. Parrot Reise zum Ararat. Th. II. S. 50. aus Quellen.

12 Ebendas.

13 Beobachtungen von Schestakof im J. 1828 und Bronner in den J. 1814 bis 1817 mitgetheilt durch Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 159. Am genauesten sind die Resultate aus den Beobachtungen von Knorr in den Jahren 1828 bis 1833. S. Poggendorff Ann. XXXVI. 204.

14 Aus 40jährigen Beobachtungen, mitgetheilt durch Dr. Eisenlohr.

15 Dalton nach Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

16 Ebendaselbst.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Kinfauns[1] (Castle)	56°23′N.	3° 0′W.	120	26°,11	−18°,33	7°,73
Kingston[2]	41 55 —	74 .5 —	—	35,56	— 24,45	9,13
Kisnekejewa[3] . .	54 30 —	62 20 O.	900	- -	- -	1,5
Königsberg[4]	54 42 —	20 29 —	0	- -	- -	6,49
Kopenhagen[5] .	55 41 —	12 35 —	0	30,62	— 17,25	7,69
Kouka[6] .	12 11 —	9 30 O.	450?	45,00	5,56	28,68
Krokow[7]	— — —	— — —	—	- -	- -	7,38
Lancaster[8]	54 3 —	2 35 W.	0	- -	- -	9,53
Lansingburg[9] .	42 48 —	73 46 —	—	37,78	— 27,77	9,81
Leadhills[10]	55 25 —	3 35 —	1200	26,11	— 26,66	6,73
Leipzig .	51 20 —	12 21 O.	306	38,00	— 30,00	9,15
Lima[11] .	12 3 S.	81 48 W.	534	30,00	16,11	21,11
Lissabon[12]	38 43 N.	9 8 —	216	- -	- -	16,34
Littakun[13]	27 7 S.	24 30 O.	—	35,00	— 1,95	17,50
London[14]	51 31 —	0 5 W.	162	34,16	— 10,00	9,83
Lowrence[15], St.. . .	44 40 —	75 0 W.	—	35,00	— 25,00	7,78
Lowville[16]	43 47 —	75 51 —	—	37,22	— 33,33	7,19

1 Beobacht. von 1820, 1835 u. 1836 in Edinburgh Phil. Journ. N. VIII. p. 440. u. New Phil. Journ. N. XLI. p. 112. XLIV. p. 370.

2 An Abstract of the Returns cet.

3 Nach Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

4 Sommer aus 24jähr. Beobachtungen in Schumacher astronom. Nachr. Th. II. S. 25.

5 Bugge nach 30jähr. Beobachtungen in v. Buch Reise durch Norw. Th. I. S. 94. Extreme aus Mannheimer Ephemeriden.

6 Aus Denham's Reise.

7 Strehlke in Poggendorff's Ann. XXXV. 166.

8 6jähr. Beob. von Heaton in Ann. of Philos. 1816 bis 1821.

9 A. Mac Call in Abstract of the Returns etc.

10 Aus zehnjähr. Beobachtungen von 1811 bis 1820 in Edinburgh Phil. Journ. N. X. p. 219.

11 Stevenson Reisen in Arauco, Chile, Peru und Columbia. Weimar 1826. S. 99. Die Bestimmung ist aus dem Wasser eines 20 F. tiefen Brunnens; aus Maximis und Minimis folgt 21°,78 C.

12 Nach Francini in Balbi Essai sur Portugal. T. I. p. 90.

13 Burchell's Reisen in Africa. Weim. 1825. Th. II.

14 Aus den Beob. der königl. Soc. in Kämtz Meteorol.

15 Beobachtungen von Hale in Abstract of the Returns cet.

16 Beobachtungen von Taylor. Ebendaselbst.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Lüneburg[1]	53°15′N.	10°30′ O.	64	36°,84	—27°,00	9°,04
Macao[2] .	22 16 —	113 2 —	—	32,87	- 9,45	23,12
Macquarie[3]	42 20 S.	147 40 —	0	- -	- -	12,92
Madras[4] .	13 14 N.	80 29 —	0	- -	- -	27,75
Madrid[5] .	40 24 —	3 42 W.	2040	- -	- -	14,90
Mailand[6]	45 28 —	9 11 O.	394	- -	- -	13,20
Malacca[7]	2 16 —	102 12 —	—	- -	- -	25,92
Malmanger[8]	59 58 —	6 20 —	64	- -	- -	6,35
Malo[9], St.	48 39 —	2 1 W.	0	- -	- -	12,30
Man[10] . .	54 20 —	4 30 —	0	23,89	— 5,56	9,64
Manchester[11] .	53 30 —	2 15 —	—	- -	- -	8,70
Manilla[12]	14 36 —	110 51 O.	0	- -	- -	25,60
Mannheim[13]	49 29 —	8 27 —	286	34,00	— 23,00	10,30
Maranham[14] (St. Louis de) . .	2 29 S.	43 30 W.	0	- -	- -	27,39

1 Nach 12jähr. Beobachtungen, s. Buek Hamburgs Clima u. s. w.

2 Bibliothèque univers. 1834. Août.

3 Meinicke in Berghaus Ann. 12ter Jahrg. S. 366. Die mittleren Temperaturen der Jahreszeiten sind: Winter = 7,6; Frühling = 14,3; Sommer = 17,9; Herbst = 11,9.

4 Nach Roxburgh und Beob. von 1823, mitgetheilt durch Foggo in Edinburgh Journ. of Sc. N. X. p. 249.

5 Beobachtungen von Bauza in Risso Hist. natur. des principales Productions cet. Par. 1826. p. 278. Vergl. Hertha Th. IV. S. 21.

6 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

7 Beobachtungen von Farquhar reducirt durch Brewster in Edinb. Journ. of Sc. N. XV. p. 62.

8 Hertzberg's Beobachtungen von 1798 bis 1807 in Edinburgh Journ. of Sc. N. XVIII. p. 293. Wiener Zeitschr. Th. V. S. 491.

9 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

10 Nach Col. Stuart von 1824 bis 1830 in Edinburgh New Phil. Journ. N. XXI. p. 152. Edinburgh Journ. of Sc. New Ser. N. IV. p. 249. N. XX. p. 236.

11 Dalton aus 25jähr. Beobachtungen. Ann. of Philos. T. XV. p. 251.

12 V. Humboldt in Edinburgh Journ. of Sc. N. XI. p. 140.

13 Beobachtungen von Hemmer in Mannh. Ephem. Die mittlere Temperatur ist wahrscheinlich zu hoch und von der zu Heidelberg = 10°,01 schwerlich verschieden.

14 Nach Antonio Pereira aus Beob. von 1821 in Annaes das Sciences, das Artes e das Lettras. T. XVI. p. 55. S. v. Humboldt in Edinburgh Journ. of Sc. N. XI. p. 140.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Marietta[1]	39°25'N.	81°30'W.	—	33°,30	—12°,20	12°,32
Marmato[2]	— — —	— —	4390	- -	- -	20,50
Marocco[3]	31 30 —	7 20 —	—	45,00	— 8,75	19,50
Marschlins[4]	46 55 —	9 56 O.	1722	- -	- -	11,15
Marseille[5]	43 18 —	5 21 —	144	32,50	— 10,87	14,40
Mastricht[6]	50 49 —	5 40 —	161	38,80	— 22,90	10,28
Mauritius[7]	20 51 S.	55 30 —	120	32,70	15,00	24,85
Melville[8]	74 45 N.	111 0 W.	0	15,56	— 48,33	—18,73
Middelburg[9]	51 30 —	4 35 O.	0	- -	- -	9,30
Middleburgh[10]	42 49 —	78 10 W.	780	37,78	— 27,77	8,67
Mifflin[11] (Fort) .	39 5 —	75 12 —	—	35,56	— 14,44	12,94
Mississippi[12]	31 28 —	91 0 —	—	33,33	— 6,80	17,27
Montgomery[13] . .	41 32 —	74 0 —	—	37,78	— 21,11	9,22

1 Aus Hildreth's Beobachtungen von 1828 bis 1830 in Silliman Amer. Journ. T. XVI. p. 46 u. T. XX. p. 126.

2 Boussingault in Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.

3 Ali Bey al Abassi Reise in Africa u. Asien. Weim. 1816.

4 Beob. von 1802 bis 1809 durch J. R. v. Salis-Marschlins in Wahlenberg de veget. et clim. Helv.

5 Die Extreme aus Mannh. Ephem. Das Mittel aus Risso Hist. nat. des princip. Productions cet. Par. 1826. p. 278. V. Humboldt giebt 12°,27 als mittlere Temperatur an, nach Silvabelle in Mannh. Ephem.

6 Beobachtungen um 9 und 9 Uhr von Crahay seit 1818 bis 1833. S. Crahay Mémoire sur la Météorologie (1837). Vergl. Quetelet Corresp. astron. et phys. T. VII. p. 182.

7 Beobachtungen von Lislet Geofroy in Freycinet Voy. T. I. p. 367.

8 Parry's Beobachtungen nach Richardson in Edinburgh Philos. Journ. N. XXIV. p. 200. Nach einer andern Angabe in Edinburgh Phil. Trans. T. IX. p. 214. ist die mittlere Temp. = — 17°,05. Vergl. Brewster in Edinb. Journ. of Sc. New Ser. N. VIII. p. 310. Ann. Chim. et Phys. T. XXVII. p. 120.

9 Van de Perre in Mannh. Ephem.

10 Beobachtungen von S. Cushing in Abstract of the Returns.

11 Lovell's Bericht.

12 American Phil. Trans. T. VI. p. 23.

13 Beobachtungen von Millspang in An Abstract of the Returns cet.

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen		
				Max.	Min.	Med.
Montmorenci[1] . .	49° 0′N.	2°20′O.	312	- -	- -	11°,00
Montpellier[2] . .	43 36 —	3 52 —	30	- -	- -	15,20
Montreal[3]	45 31 —	73 35 W.	—	36°,67	—37°,20	7,60
Moultrie[4] (Fort) .	32 42 —	79 56 —	—	33,33	— 7,22	18,05
Moscau[5]	55 47 —	37 33 O.	456	30,00	— 38,75	3,26
München[6]	48 10 —	11 27 —	1626	35,00	— 26,25	11,27
Nain[7] . .	57 0 —	61 20 W.	0	- -	- -	— 3,62
Nangasacki[8]	32 45 —	129 55 O.	0	- -	- -	16,00
Nantes[9] .	47 30 —	1 32 W.	75	- -	- -	12,60
Natchez[10]	31 34 —	91 30 —	180	34,40	— 16,00	18,28
Nepaul[11]	28 —	77 0 O.	3750	30,56	10,00	25,00
Newburgh[12]	41 30 —	74 5 —	—	37,22	— 19,43	10,22
Newyork[13]	40 42 —	73 58 W.	0	35,00	— 20,50	12,10
Nicolajeff[14]	46 58 —	32 0 O.	120	37,50	— 30,62	9,40

1 Cotte in Mém. T. II. p. 439.

2 V. Humboldt Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

3 Zehnjährige Beob. von Archibald Hall in Edinb. New Phil. Journ. N. XLII. p. 236.

4 Lovell's Bericht.

5 Aus 5jähr. Beob. von Engel und Stritter in Mannh. Ephem. Nach Pérévoschtschikoff in Bullet. de la Soc. des Natur. de Moscou. T. I. p. 17. ist aus 5jähr. Beob. die mittlere Temp. ohne Zweifel richtiger = 5°,01.

6 Nach Mannh. Ephem.

7 Dreijähr. Beob., mitgetheilt durch De la Trobe in Phil. Tr. LXIX. p. 657. LXXI. nach Löwenberg's Tabelle, aus Kämtz Meteorol.

8 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

9 Ebendas.

10 Vierjähr. Beob. von Dunbar, ebend.

11 Hamilton nach Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177. Vergl. Kirkpatrik Nachrichten vom Königreiche Nepaul. Weimar 1818. S. 116.

12 An Abstract of the Returns cet.

13 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

14 Beobachtungen von Cumani um 10 und 10 Uhr von 1827 bis 1830. Mitgetheilt durch Kupffer in Mém. de la Soc. de Petersb. VIme Sér. T. II. p. V. Im Auszuge in London and Edinburgh Phil. Mag. N. II. p. 134. N. IV. p. 259. Aus Maxim. u. Min. ist Mittel = 9°,62.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Nishnei-Kolymsk[1]	68°32'N.	164°20' O.	0	- -	—52°,50	-10°,00
Nishnei-Tagilsk[2] .	58 0 —	59 20 —	600	- -	- -	— 0,20
Nizza[3] . .	43 41 —	7 17 —	61	- -	- -	15,50
Nord-Cap[4]	71 10 —	26 1 —	0	- -	- -	0,00
Nowaja-Semlia[5]						
Süd-Ost-Spitze	70 37 —	57 47 —	0	10°,50	— 40,00	— 9,45
Westküste . .	73 12 —	57 0 —	0	13,75	— 37,50	— 8,37
Odessa[6] .	46 29 —	25 57 —	0	31,25	— 28,75	10,16
Ofen[7] . .	47 30 —	19 3 —	440	33,75	— 22,50	10,53
Okak[8] . .	57 30 —	61 20 W.	0	- -	- -	— 3,24
Onondaga[9]	43 02 —	76 31 —	408	37,22	— 30,00	9,39
Oxford[10]	42 26 —	75 38 —	—	36,67	— 26,11	7,22
Oxford[11]	51 46 —	1 15 —	—	25,00	— 4,44	9,36
Padua[12] .	45 24 —	11 53 O.	56	36,25	— 15,62	13,95
Palermo[13]	38 7 —	13 22 —	0	38,00	— 5,00	16,77

---

1 Nach Erman. S. Baer in Bulletin de la Soc. des Sc. de Petersb. T. II. N. 15. Vergl. v. Wrangel Physikalische Beobachtungen. Einleit. S. 5.

2 Nach Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

3 Risso Hist. Natur. du Midi de l'Europe. T. I.

4 Nach Richardson in Edinb. Phil. Journ. N. XXIV. p. 20. Wahlenberg in Flora Lapp. giebt an 0°,07, in Edinb. New Phil. Journ. N. X. p. 307 wird — 1°,11 angegeben.

5 Baer in Bulletin de la Soc. des Sc. de Petersb. T. II. N. 15.

6 Kastner Archiv. Th. VII. S. 152.

7 Siebenzehnjähr. Beobachtungen in Mannheimer Ephemeriden und in Wahlenberg Flora Carp. p. XCI.

8 Kirwan über Temperatur. S. 182.

9 Woolworth in An Abstract of the Returns cet.

10 Ebendaselbst.

11 Aus Beobachtungen von Robertson 1816 bis 1823 aus Maximis und Minimis in Edinb. Phil. Journ. N. XII. p. 359. Vergl. Edinb. Journ. of Sc. N. II. p. 286.

12 Toaldo's achtjähr. Beobachtungen in Mannh. Ephem. Nach v. Humboldt ist mittlere Temp. 16°,2; s. Löwenberg's Tabelle.

13 Fünfjährige Beobacht. von Marabitti in Schouw Pflanzengeographie. S. 212. Nach Risso a. a. O. ist die mittlere Temperatur 17°,5. Das Minimum nach öffentlichen Blättern.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Panama[1]	8°58′N.	80°21′W.	0	- -	- -	27°,20
Paramatta[2]	33 48 S.	149 40 O.	62	41°,11	—3°,33	16,50
Paris[3] . .	48 50 N.	2 20 —	206	38,40	—23,50	10,81
Pasto[4] . .	1 13 —	77 22 W.	8035	- -	- -	14,60
Payta[5] . .	5 5 S.	81 10 —	0	- -	- -	27,10
Peifsenberg[6]	47 47 N.	10 34 O.	3090	29,12	—22,75	6,02
Peking[7] .	39 54 —	116 27 —	—	39,31	— 9,82	12,70
Penetanguishene[8]	44 48 —	80 40 W.	—	32,33	—35,54	7,37
Penzanze[9]	50 11 —	5 33 —	0	28,89	— 4,44	11,37
Petersburg[10]	59 56 —	30 18 O.	0	33,40	—49,87	2,51
Philadelphia[11] .	39 57 —	75 16 W.	0	37,00	—20,00	12,38
Point de Galle[12] (Ceylon) . .	8 30 —	81 12 O.	0	30,56	23,89	27,72
Pompey[13]	42 56 —	76 5 W.	1150	32,22	—25,00	6,24
Pondichery[14] . .	11 56 —	79 52 O.	0	- -	- -	29,44
Popayan[15]	2 26 —	76 40 W.	5566	- -	- -	18,70

1 Boussingault in Ann. Chim. et Phys. T. III. p. 225.

2 Brisbane in Edinburgh Phil. Journ. N. XX. p. 221. Vergl. Journ. of Sc. N. I. p. 83.

3 Bouvard aus 21jähr. Beob. in Mém. de l'Acad. T. VII. p. 326. Die Extreme von Arago in Annuaire.

4 Boussingault a. a. O. aus Beob. von Caldas.

5 Ebenderselbe.

6 Achtjähr. Beob. in Mannheimer Ephemer.

7 Aus Beob. von Dec. bis Juni durch Fuss in Mém. de Petersb. VIme Sér. T. III. p. 115 und v. Humboldt in Poggendorff Ann. XXIII. 93.

8 Beob. im J. 1825 u. 1826 von Todd in Franklin's Narrative of a second expedition to the shores of the Polar-Sea. Lond. 1828. 4. App. II.

9 Beob. von 1807 bis 1827 von Giddy in Edinb. Journ. of Sc. N. XVII. p. 171.

10 Plac. Heinrich aus 24jähr. Beob. in Schweigg. Journ. 1813. Hft. 4. Vergl. Ann. of Phil. N. S. T. IV. p. 15.

11 Nach Warden. S. Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

12 Foggo in Edinb. Journ. of Sc. N. IX. p. 141.

13 In An Abstract of the Returns cet.

14 Nach Le Gentil in Edinb. Journ. of Sc. N. X. p. 249.

15 Boussingault in Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 225. Aus Beobachtungen von Caldas.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Prag[1] . .	50° 5′N.	14°24′O.	592	35°,75	−27°,50	9°,97
Purace[2] .	— — —	— —	8161	- -	- -	13,10
Quebeck[3]	46 48 —	71 10 W.	—	- -	- -	5,60
Quito[4] . .	13 17 S.	78 45 —	8970	- -	- -	15,55
Raiatea[5] .	16 40 —	151 30 —	0	28,33	22,00	25,81
Regensburg[6]	49 0 N.	12 6 O.	1043	36,87	— 30,50	8,65
Reikiavig[7]	64 5 —	26 33 W.	—	- -	- -	4,46
Reliance[8] (Fort)	62 46 —	109 1 —	0	2,50	— 56,70	-15,50
Rio de Janeiro[9] . .	22 54 S.	43 18 —	0	48,89	13,33	23,83
Rio-Hacha[10]	10 40 N.	83 0 —	0	- -	- -	28,10
Rochelle[11]	46 9 —	0 58 —	0	34,37	— 15,25	11,70
Rockfort[12]	18 0 —	78? —	—	- -	- -	26,00
Rom[13] . .	41 54 —	12 28 O.	130	34,12	— 5,00	15,48
Sagan[14] .	51 42 —	15 40 —	384	35,75	— 32,60	8,78
Salem[15] . (North)	42 33 —	70 53 W.	—	38,33	— 27,20	9,80

1 Beob. von Strnadt in Mannh. Ephemeriden, von Hallaschka in Sammlung astronom. meteorol. u. phys. Beob. Prag 1830. 4. Vergl. Pleischl in Baumgartner u. v. Holger Zeitschr. Th. V. S. 267.

2 Boussingault a. a. O. aus Beob. von Hall und Salaza.

3 Nach Gauthier in Cotte Mém. T. II. p. 520.

4 Boussingault a. a. O.

5 Nach Threlkeld in Edinb. Journ. of Sc. N. XX. p. 281.

6 Beobachtungen von Pl. Heinrich nach Schmöger in Kastner Arch. Th. VII. S. 128 u. in dessen meteorol. Beob. Hft. I. Nürnb. 1835.

7 Kretschmar Zeitschrift für die gesammte Meteorologie. Hft. 1. S. 178.

8 Aus Beob. vom Nov. 1833 bis März 1835, die Sommermonate interpolirt. S. Berghaus Ann. 1836. N. 133. S. 57.

9 Nach Dorta u. d'Oliveira in v. Humboldt Voy. T. X. p. 428. Vergl. Caldcleugh Reisen in Südamerica. Weim. 1816. S. 16.

10 Boussingault a. a. O.

11 Nach 9jähr. Beobachtungen von Seignette in Mannheimer Ephemeriden.

12 Nach Hunter. S. Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

13 Siebenzehnjähr. Beob. von Calandrelli in Mannh. Ephem. Vergl. Edinb. Phil. Journ. N. XII. p. 350.

14 Mannh. Ephemer. nach 7jähr. Beob.

15 Aus 33jähr. Beobachtungen von Dr. Holyoke in Edinb. Phil. Journ. N. XII. p. 350. und aus neueren von Burt und Stark in An Abstract of the Returns cet.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	HöheF.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Santa Cruz [1]	28°28' N.	16°16' W.	0	— —	— —	21°,72
Santa Marta [2]	11 15 —	74 9 —	—	— —	— —	28,50
Sebastopol [3]	44 35 —	33 32 O.	0	37°,40	−18°,40	11,75
Seehundsbai [4] . .	25 30 S.	114 0 —	0	22,60	14,00	18,30
Senegal [5] .	15 53 N.	16 10 W.	—	— —	— —	26,49
Seringapatam [6] .	12 25 —	76 51 O.	2263	46,11	8,89	25,03
Severn [7] (Fort) .	38 58 —	76 27 W.	—	33,33	− 13,33	14,11
Shenectady [8]	42 48 —	73 56 —	—	32,78	− 22,77	8,20
Sidmouth [9]	50 41 —	3 13 —	—	— —	— —	8,77
Sierra-Leone-Küste [10]	8 30 —	14 10 —	0	— —	— —	27,24
Singapore [11]	1 24 —	104 0 O.	—	— —	— —	26,67
Sitka [12] . .	57 3 —	138 0 —	0	22,50	− 12,50	7,25
Slatoust [13]	55 8 —	59 20 O.	1140	23,32	− 20,87	0,74
Snelling [14] (Fort) .	44 53 —	93 8 W.	720	35,56	− 33,89	7,22
Söndmör [15]	62 30 —	6 20 O.	0	— —	— —	5,28

1 Beobachtungen von Heberden in Phil. Trans. LV. p. 186.

2 Boussingault a. a. O.

3 Aus Beobachtungen um 10 u. 10 Uhr; die Maxima und Minima geben 9°,85. Nach Cumani mitgetheilt durch Kupffer in Mém. de la Soc. de Petersb. VIme Sér. T. II. p. VII. Abgek. in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. IV. p. 259.

4 Aus Beobachtungen im September durch Freycinet in dessen Voyage T. I. 470.

5 V. Humboldt in Edinburgh Journ. of Sc. N. XI. p. 141.

6 Nach Focco in Edinb. Journ. of Sc. N. X. p. 249. aus Beob. von 1814 und 1816.

7 Aus Lovell's Bericht.

8 An Abstract of the Returns cet.

9 Dreijähr. Beob. von Clarke in den Ann. of Philos.

10 Winterbottom Sierra-Leone-Küste S. 348.

11 Beobachtungen von Farquhar in den J. 1822 u. 1823 corrig. durch Brewster in Edinb. Journ. of Science N. XV. p. 62.

12 Lütke in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. VI. p. 427.

13 Aus Beobachtungen von Eversmann in den J. 1818 u. 1819. S. Poggendorff Ann. XV. 169.

14 Lovell's Bericht.

15 Ström aus 19jähr. Beob. S. v. Buch Canarische Inseln S. 79 bei Kämtz.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	HöheF.	Temperaturen Max.	Min.	Méd.
Spydberg[1]	59° 38′ N.	— —	618	— —	— —	2°,93
Stellenbosch[2]	33 50 S.	38° 40′ O.	—	— —	— —	18,95
Stockholm[3]	59 21 N.	18 4 —	0	31°,00	— —	5,10
Straſsburg[4]	48 32 —	7 50 —	450	35,93	-25°,00	9,71
Stuttgart[5]	48 46 —	9 10 —	846	34,27	—18,34	10,00
Sullivan[6] (Fort) .	44 44 —	67 4 W.	—	34,44	—28,33	5,80
Surinam[7]	5 38 —	55 30 —	—	— —	— —	25,50
Swinemünde[8] . .	53 54 —	13 16 O.	0	— —	— —	8,80
Sydney[9] .	34 S.	151 30 —	0	45,56	5,56	17,60
Tangermünde[10] . .	52 35 N.	11 57 —	120	— —	— —	10,00
Tegernsee[11]	48 10 —	11 32 —	2262	31,25	—28,12	7,41
Teneriffa[12]	28 30 —	17 48 W.	0	— —	— —	21,60
Tiflis[13] .	41 41 —	44 54 O.	1100	38,00	—13,75	15,80
Tobolsk[14]	58 12 —	68 6 —	330	— —	— —	—2,50
Torneä[15]	66 30 —	24 12 —	75	25,00	—58,50	—0,50

1 Dreijährige Beobachtungen von Wilse in Schön Witterungskunde.

2 Aus Meteorological Diary für 1821 u. 1822 in Löwenberg's Tabelle.

3 Rudberg in Poggendorff Ann. XXXIII. 252. u. Mannh. Ephem.

4 Aus Herrenschneider's Beobachtungen nach Eisenlohr, aus schriftlicher Mittheilung.

5 Aus 10jähr. Beobachtungen von Schübler nach Kämtz.

6 Lovell's Bericht.

7 Zweijährige Beob. in Cotte Mém. T. II. p. 561.

8 Starke aus 4jähr. Beob. Berghaus Ann. Th. IV. S. 323.

9 Meinicke in Berghaus Ann. 12ter Jahrg. N. 132 u. 133. Danach ist die mittlere Temperatur des dortigen Winters = 14°,2, des Frühlings = 18°,6, des Sommers = 22°,3, des Herbstes = 17°,2. Vergl. einjähr. Beobachtungen in John Liddiard Nicholas Reise nach Neuseeland. Weim. 1819. S. 390. 396.

10 Kretschmar Zeitschrift für die gesammte Meteorologie. Th. I. S. 176.

11 Aus 8jähr. Beobachtungen in Mannheimer Ephemer.

12 L. v. Buch nach Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 177.

13 Nach F. Parrot Reise zum Ararat. S. 47. Das Minimum nach öffentl. Blättern.

14 Erman Reise. Th. I. S. 473.

15 Bedemar Reise. Th. I. S. 167 u. 244. Th. II. p. 180.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	HöheF.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Toulon[1]	43° 7'N.	1°10' W.	0	— —	— —	16°,70
Trier[2] . .	49 48 —	7 5 —	432	— —	— —	9,90
Triest[3] . .	45 45 —	13 54 —	0	— —	— —	14,86
Trincono-male[4] .	8 32 —	81 12 —	— —	33°,33	22°,22	27,54
Trinidad[5]	21 48 —	80 1 —	0	33,89	16,00	25,00
Tübingen[6]	48 31 —	9 3 —	1008	— —	— —	8,68
Tumaco[7]	1 40 —	— — —	— —	— —	— —	26,10
Tunis[8] . .	36 48 —	10 11 —	0	44,75	6,00	19,20
Turin[9] . .	45 4 —	7 40 —	420	— —	— —	11,68
Uleäborg[10]	63 3 —	25 26 O.	0	— —	— —	—1,16
Uleo[11] . .	65 3 —	25 28 —	0	— —	— —	0,60
Ullens-vang[12]	60 19 —	5 40 —	32	— —	— —	6,35
Umeo[13] .	63 50 —	20 16 —	0	— —	— —	1,90
Union Hall[14]	40 41 —	73 56 W.	— —	33,89	—20,55	10,66
Unst[15] . .	60 42 —	0 51 —	66	18,77	— 4,00	7,05
Upsala[16] .	59 52 —	17 39 O.	— —	— —	— —	5,00

1 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

2 Neunjähr. Beob. von Delamorre in Schübler's Meteorologie.

3 Zwanzigjähr. Beobachtungen von Stadler in Kastner Archiv. Th. VI. S. 69.

4 Zweijährige Beobachtungen von Foggo in Edinburgh Journ. of Sc. N. IX. S. 143.

5 Dauxion Lavayssé Reisen nach d. Inseln Trinidad, Tabago u. s. w. Weim. 1816. S. 72.

6 Nach Schübler's handschr. Mittheilung an Kämtz.

7 Boussingault a. a. O.

8 Zweijährige Beobachtungen von Falbe in Poggendorff Ann. XC. 625.

9 Zwanzigjähr. Beobachtungen von Bonin in Mém. de Turin. 1805 — 1808. p. 25.

10 Leop. v. Buch aus 12jährigen Beobachtungen von Julin in G. XLI. 45.

11 Nach v. Humboldt in Poggendorff Ann. XXIII. 90.

12 Hertzberg aus Beobachtungen von 1807 bis 1827 in Edinburgh Journ. of Sc. N. XVIII. p. 293.

13 Naezen aus 8jähr. Beob. in Kongl. Vetensk. Acad. Handl. Aar 1798 nach Brandes Witterungskunde S. 6.

14 Beobachtungen von Potter in An Abstract of the Returns cet.

15 S. oben Bellmont.

16 L. v. Buch in G. XLI. 45. Vergl. Wahlenberg in Edinb. New Phil. Journ. N. X. p. 307.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Ustjansk[1]	— —	— — —	—	— —	— —	-15°,24
Utica[2] . .	43°10′N.	75°12′W.	—	36°,11	—27°,77	9,30
Vancouver[3] (Fort) in Nordamerica . .	45 38 —	122 34 —	—	33,33	— 7,78	13,36
Vera Cruz[4]	19 9 —	96 1 —	0	35,60	16,00	25,00
Wales[5] (Prince-Isl.) . .	5 25 —	100 19 O.	0	— —	— —	26,21
Wallcott[6] (Port) .	41 30 —	71 18 W.	—	31,11	— 18,33	10,57
Wallis[7] (Neu-Süd-)	33 49 S.	150 1 O.	0	38,33	— 2,22	18,00
Warschau[8]	52 14 N.	16 22 —	—	— —	— —	9,20
Washington[9] .	38 52 —	76 55 W.	—	35,50	— 26,60	13,60
Werchnoi Kamennoi[10] .	46 20 —	43 20 O.	396	— —	— —	13,00
Werchotourie[11] . .	58 54 —	50 12 —	600	— —	— —	— 0,87
Whitehaven[12] .	54 40 —	3 28 W.	0	26,38	— 9,54	9,03

1 V. Wrangel's Beobachtungen. Nach Baer in Bulletin de la Soc. de Petersb. T. II. N. 15.

2 Beob. von Prentice in An Abstract of the Returns cet.

3 Gairdner aus Beobachtungen im J. 1834 u. 1835 in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 152. aus Max. u. Min. Der Monat Mai interpolirt, das Mittel nach der Formel corrigirt. Vergl. Poggendorff Ann. XLI. 662.

4 Fünfjährige Beobachtungen von Orta in v. Humboldt Neuspanien Th. IV. S. 400.

5 Mehrjähr. Beobachtungen, corrig. durch Brewster in Edinb. Journ. of Sc. N. XV. p. 65.

6 Lovell's Bericht.

7 Dublin Philos. Journ. N. I. p. 150.

8 V. Humboldt in Mém. d'Arcueil. T. III. p. 602.

9 Nach Wallenstein und Meigs in Amer. Philos. Trans. T. II. p. 432.

10 F. Parrot a. a. O. Th. II. S. 50.

11 Kupffer in Poggendorff Ann. XV. 178.

12 Beob. von 1835 u. 1836 in Edinb. New Phil. Journ. N. XLI. p. 115. N. XLIV. p. 372.

Digitized by Google

Orte	Breite	Länge	Höhe F.	Temperaturen Max.	Min.	Med.
Wien[1] . .	48°12' N.	16° 22 O.	541	36°,25	—20°,00	10°,87
Williamsburg[2] .	37 5 —	77 0 W.	—	- -	- -	13,53
Williamstown[3] .	42 30 —	73 0 —	1000	- -	- -	7,08
Winter-Island[4] .	66 25 —	85 30 —	0	12,23	— 41,37	—14,18
Woronesch[5]	51 40 —	39 20 O.	—	35,00	— 37,50	8,50
Würzburg[6]	49 46 —	9 55 —	528	39,12	— 28,00	10,41
York[7] . .	53 58 —	1 6 W.	—	- -	- -	9,00
Zürich[8] .	47 23 —	8 32 O.	1254	30,90	— 13,80	9,22
Zupia[9] . .	— — —	— — —	3771	- -	- -	21,50
Zwanenburg[10]	52 15 —	4 20 —	0	- -	- -	10,26
Zwellendam[11] .	34 0 S.	40 20 —	—	- -	- -	18,70

1 Baumgartner in Wiener Zeitschrift. Th. VI. S. 299. Th. VII. S. 396.

2 Dreijähr. Beob. von Fauquier in Cotte Mém. T. II. p. 606. Nach Löwenberg's Tabelle.

3 Vierjähr. Beob. von Dewy in Edinburgh Phil. Journ. N. XII. p. 351.

4 Richardson in Edinb. Phil. Journ. N. XXIV. p. 200.

5 Clarke Reise durch Rufsland und die Tatarei. Weim. 1817. S. 43. u. a. a. O.

6 Aus Mannh. Ephemer. Das Maximum ist zweifelhaft. Medium aus 11jähr. Beob. in Schön's Witterungskunde.

7 Poggendorff Ann. XXXIII. 216.

8 Escher nach 6jähr. Beob. in Wahlenberg de Veget. et Clim. in Helv. Sept. p. LXVII. Bibl. univ. 1837. Avril. p. 393.

9 Boussingault a. a. O.

10 Zwanzigjähr. Beob. in Brandes Beiträge S. 9.

11 Aus Meteorological Diary 1822 und 1823 in Löwenberg's Tabelle.

Digitized by Google

Die hier gegebene Tabelle, wie lückenhaft sie auch auf den ersten Blick erscheinen mag, enthält mindestens die mittleren jährlichen Temperaturen einer grofsen Menge über die ganze bewohnte Erde verbreiteter Orte, und diese Angaben sind wohl als die genauesten zu betrachten. Ungleich weniger zuverlässig sind der Natur der Sache nach die absoluten Maxima und Minima, weil es bei ihrer Bestimmung ebenso sehr auf die Genauigkeit der Messung, selbst hinsichtlich der nur zu oft für tiefe Kältegrade unzuverlässigen Thermometer, als auf die Menge der Jahre ankommt, welche die Beobachtungen umfassen, indem ungewöhnlich hohe und tiefe, nur einzeln vorkommende Wärmegrade zu den nicht jährlich wiederkehrenden Seltenheiten gehören. Dafs endlich die bis jetzt zu Gebote stehenden Hülfsmittel der geographischen Ortsbestimmungen so mangelhaft sind und man oft genöthigt ist, zu wenig zuverlässigen Landcharten seine Zuflucht zu nehmen, ist ein allgemein gefühltes Bedürfnifs der physikalischen Literatur.

D. Ursachen der ungleichen Temperaturen.

127) Bei weitem die vorzüglichste Quelle der Wärme auf der ganzen Erde sind die Sonnenstrahlen, weswegen die Temperatur gegebener Orte im Allgemeinen von der nach der ungleichen Höhe der Sonne auffallenden verschiedenen Menge derselben abhängt. Inwiefern hierdurch die astronomischen Klimate bedingt werden, die im Allgemeinen den physischen nahe gleich sind, ist bereits mehrmals erwähnt worden[1]. Es unterliegt durchaus keinem Zweifel, dafs die Sonnenstrahlen die höchsten Grade der Hitze zu erzeugen vermögen, die wir wahrnehmen. Zur Evidenz geht dieses aus einem interessanten Versuche hervor, welchen de Saussure[2] angestellt hat. Er liefs aus 0,5 Zoll dicken tannenen Bretern ein Kästchen 1 Fufs im Innern lang, 9 Z. breit und ebenso hoch verfertigen, fütterte dasselbe mit 1 Zoll dicken geschwärzten Kork-

1 Vergl. oben §. 122. Ueber die Ursachen der verschiedenen Temperaturen im Allgemeinen handelt ausführlich v. Humboldt in Poggendorff Ann. XI. 1.

2 Reisen durch die Alpen. Th. IV. S. 109.

Digitized by Google

scheiben aus und bedeckte es mit drei in Nuten über einander eingelegten sehr durchsichtigen Glasscheiben in einem Abstande von etwa 1,5 Zoll von einander. In das Innere dieses Kästchens, durch den Erfinder *Heliothermometer* genannt, wurden Thermometer gelegt und das Ganze der Einwirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt. Als dieses auf dem Gipfel des Cramont geschah, wo ein in 4 Fufs vom Boden den Sonnenstrahlen frei ausgesetztes Thermometer 6°,2 zeigte, stieg das im Innern des Apparates befindliche auf 87°,5 und ein anderes aufsen an den Korkscheiben befestigtes auf 26°,2. Auf gleiche Weise sah v. Humboldt[1] am Orinoco bei 30° Temperatur der Luft im grobkörnigen granitischen Sande um 2 Uhr die Wärme bis 60°,3 steigen, während ein ebensolcher weifser, aber feinerer und dichterer Sand 52°,5 und der Granitfelsen 47°,6 zeigte; eine Stunde nach Sonnenuntergang hatte der grobkörnige Sand eine Temperatur von 32°, der Felsen von 38°,8. Andere Erfahrungen von der unglaublichen Hitze, welche die auffallenden Sonnenstrahlen über Felsen, insbesondere über dunkel gefärbten Flächen, erzeugen, sind in so grofser Zahl allgemein bekannt, dafs ihre Erzählung im Einzelnen überflüssig seyn würde. Die Intensität der hierdurch erzeugten Wärme müfste daher ohne Grenzen zunehmen, wenn nicht anderweitige Bedingungen eine Verminderung derselben herbeiführten, deren Wirkungen so bedeutend sind, dafs eben in denjenigen Gegenden, wo die senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen eine ganz unglaubliche Hitze erzeugen, die Nächte und die Zeiten vor Sonnenaufgang sich durch empfindliche Kälte auszeichnen. Eine dieser Ursachen ist in dem steten Aufsteigen der über den erhitzten Flächen befindlichen Luftmassen zu suchen, die sich wegen ihrer grofsen specifischen Leichtigkeit erheben und den sogenannten *courant ascendant* erzeugen, wobei dann zugleich die kälteren schwereren Luftmassen seitwärts herbeiströmen. Hieraus entsteht eine Luftbewegung, die einem mäfsigen Winde gleicht und in der Nähe dichter Gehölze, deren Umgebungen durch die Sonnenstrahlen stark erhitzt sind, stets wahrgenommen zu werden pflegt.

128) So wie die über dem Erdboden erhitzten und da-

---

1 Voyage T. VII. p. 203. bei Kämtz Meteor. II. 8.

Digitized by Google

durch specifisch leichter gewordenen Luftmassen nach statischen Gesetzen aufsteigen und seitwärts befindliche kältere in sie eindringen, müssen nothwendig auch die höheren kälteren in sie herabsinken. Von einem solchen Herabsinken kälterer Luftmassen überzeugt man sich in geheizten Zimmern, wo die untersten Schichten stets kälter sind als die obersten, am auffallendsten aber bei sehr niedriger äufserer Temperatur in der Nähe der Fenster, indem die durch gröfsere Wärmedurchleitung des verhältnifsmäfsig dünnen Glases abgekühlten Luftmassen einen durch die Bewegung feiner Flaumfedern leicht merkbaren herabsinkenden Strom bilden, welcher selbst auf das Gefühl unangenehm wirkt und eine, der Gesundheit hierfür empfindlicher Personen nachtheilige, Zugluft erzeugt. Mehr im Grofsen gewahrt man das nämliche Phänomen in Thälern unter sehr hohen Berggipfeln und neben steilen Felsenwänden, wie bereits[1] erwähnt und dabei zugleich nachgewiesen wurde, dafs die Wärme, welche durch gleichzeitige Verdichtung der herabsinkenden Luft frei wird, keineswegs genügt, um ihre Temperatur bis zu der der unteren Schichten zu erheben. Die Folgen dieses Processes würden noch ungleich häufiger und stärker wahrgenommen werden, wenn nicht hauptsächlich zwei anderweitige Bedingungen sie verminderten oder gänzlich aufhöben. Als die erste von diesen ist der geringe Unterschied der Temperatur für zunehmende Höhen zu betrachten, welcher nur etwa 1° C. für 500 Fufs beträgt, wonach also die einander berührenden Schichten sich durch ungleiche Wärme überall nicht merklich unterscheiden; die zweite beruht auf dem Umstande, dafs die atmosphärische Luft höchst selten, uud man darf wohl annehmen fast niemals, sich in völliger Ruhe befindet, die Bewegung aber das Herabsinken so wenig specifisch schwererer Massen auf gleiche Weise hindert, als dieses bei den feinen Sonnenstäubchen der Fall ist, die blofs bei völliger Ruhe herabzufallen pflegen. Wenn daher die Luft sich in grofser Ruhe befindet und die oberen Schichten noch nicht durch anhaltende höhere Temperatur erwärmt sind, wie namentlich im Frühlinge oder wenn in höheren Regionen ungewöhnlich kalte Luftmassen herbeiströmen, dann findet jenes Herabsinken in einem vorzüglichen Grade statt, und scheint mir eine der Ursachen

1 S. Art. *Erde*. Temperatur. Bd. IV. S. 1059 ff.

Digitized by Google

davon zu seyn, dafs nach zahlreichen Erfahrungen, der Aehnlichkeit mit andern Erscheinungen zuwider, die Kälte in Niederungen, insbesondere in eingeschlossenen Thälern, weit intensiver ist, als auf den Höhen, und dort auf das Pflanzenleben zerstörend wirkt, statt dafs hier die Gewächse verschont bleiben.

129) Handelt es sich um die schwierige Frage, auf welche Weise das Licht im Allgemeinen und die Sonnenstrahlen im Besonderen Wärme erzeugen, so kann diese nur den Gesetzen gemäfs beantwortet werden, welche über das Wesen und das gegenseitige Verhalten des Lichtes und der Wärme aufgefunden worden sind, und die Aufgabe kann daher nur bei der Untersuchung der einen oder der anderen dieser Potenzen gründlich erörtert werden, weswegen ich dieselbe in die Wärmelehre verweise, hier mich aber damit begnüge, die hierüber herrschenden Ansichten der Physiker im Allgemeinen mitzutheilen.

Es giebt zwei Meinungen in Beziehung auf dieses dunkle Problem, welche zwar nicht selten als der Einigung fähig betrachtet werden, bei genauerer Prüfung aber als wesentlich verschieden erscheinen müssen. Nach der einen, die vom älteren Herschel[1] in Gemäfsheit eigener Versuche aufgestellt wurde, sind Licht und Wärme wesentlich verschieden, strömen aber beide von der Sonne aus, durchlaufen die Räume mit gleicher Geschwindigkeit und theilen sich den Körpern auf solche Weise mit, dafs das Licht verschwindet, die Wärme aber eine solche Verbindung eingeht, vermöge deren sie auch nach dem Aufhören der wirkenden Ursache wahrgenommen wird und dann ganz andern Gesetzen folgt, als denen sie in Verbindung mit dem Lichte unterlag, indem sie namentlich von dunkeln und unpolirten Körpern aufgefangen und aus diesen wieder ausströmend die Luft nur langsam durchdringt, statt dafs sie mit dem Lichte verbunden eine diesem gleiche Geschwindigkeit besafs. Nach einer andern, durch Biot[2] aufgestellten Meinung sind Licht und Wärme nicht wesentlich verschieden, sondern blofs Modificationen einer und derselben

1 G. VII. 137. X. 68. XII. 521. Wegen der weiteren Literatur s. *Wärme*; Ursprung derselben.

2 Traité de Physique expér. et math. T. IV. p. 612.

Digitized by Google

ätherischen Flüssigkeit, die sich bei der bekannten erstaunlichen Geschwindigkeit als Licht, bei bedeutend verminderter als Wärme zeigt. Da es hier nicht am gelegenen Orte ist, auf eine nähere Prüfung der einen oder der anderen dieser Hypothesen einzugehn, so möge die Bemerkung genügen, dafs beide ursprünglich auf die Emanationstheorie vom Lichte gegründet sind, ob und wie weit sie aber mit der jetzt allgemein angenommenen Undulationstheorie verträglich sind, ist noch von keinem Physiker gründlich untersucht worden, dennoch aber hat man sie beide ihrem Wesen nach insofern beibehalten, als man annimmt, die (sogenannten) Lichtstrahlen seyen von Wärmestrahlen begleitet und das Licht werde in den Körpern zu Wärme umgewandelt.

Bei der ausnehmend grofsen erwärmenden Kraft der Sonnenstrahlen müfste die täglich in so reichlichem Mafse erzeugte Wärme bald alle denkbare Grenzen überschreiten, wenn nicht gleichzeitig eine fortwährende Verminderung derselben statt fände. Nach den Untersuchungen, welche vorzüglich Wells und einige Gelehrte nach ihm über die Phänomene der Thaubildung angestellt haben, nimmt man allgemein eine *Strahlung* an, vermöge deren die Wärme von der Erde dem heiteren Himmelsraume wieder zuströmt, und zwar in dem Mafse, dafs durch beide Processe, die Wärmebildung und Strahlung, das Gleichgewicht der bestehenden Temperatur auf der Erdoberfläche als ein constantes fortdauernd erhalten wird. Die sehr nahe liegende Frage, was aus der in den Himmelsräumen sich ansammelnden Wärme weiter werde, wird in der Regel nicht beantwortet[1]. Biot deutet jedoch an, es dürfe wohl ein unbekannter Procefs existiren, vermöge dessen die Wärme des Himmelsraumes der Sonne wieder zuströme, um dann den früheren Kreislauf abermals zu beginnen; dagegen werden die Phänomene der sehr ungleichen Erkaltung verschiedener Körper und Gegenden allgemein von einem ungleich starken Strahlungsvermögen derselben abgeleitet. Die Hypothese[2] in dieser Einfachheit ist auf jeden Fall sehr leicht,

---

1 Nach Fourier und Poisson theilen Fixsterne und Planeten dem Weltraume stets Wärme mit.

2 Ueber die Gründe, wodurch man dieselbe zu unterstützen suchte, namentlich die Versuche mit dem Aethrioskop, s. *Wärme.*

Digitized by Google

sobald man das Entweichen der Wärme aus einer Strahlung ableitet und die Stärke der letzteren dem Grade der Abkühlung proportional annimmt, ohne die Frage zu beantworten, welches Verhältnifs zwischen der Wärme und der eigenthümlichen Beschaffenheit der mehr oder minder strahlenden Erdoberfläche obwaltet. Zu welchem Resultate aber die genauere Untersuchung über die Ursache und die Bedingungen des Verlustes der einmal vorhandenen Wärme der Erdoberfläche führen möge, so ist dennoch unwidersprechlich ausgemacht, dafs die Erzeugung der Wärme durch die Sonnenstrahlen Hauptbedingung der Temperatur der verschiedenen Orte und daher auch ihrer Abnahme nach den Polen hin, so wie des Wechsels nach Tags- und Jahreszeiten sey. An diese, die ihrer Wichtigkeit wegen isolirt hingestellt zu werden verdient, lassen sich dann die übrigen nach der Gröfse ihres Einflusses anreihen.

a) Ungleiche Wärme des Bodens.

130) Im ersten Abschnitte sind die Gründe entwickelt worden, die zu der Annahme berechtigen, dafs unser Erdball ursprünglich im feurig flüssigen Zustande war, dann allmälig auf seiner Oberfläche abgekühlt worden ist und sich jetzt in einem Zustande bleibenden Gleichgewichts zwischen der durch den Einflufs der Sonnenstrahlen abwechselnd wachsenden, durch anderweitige Bedingungen (hauptsächlich Strahlung) aber wieder abnehmenden Wärme befindet, deren gegenseitiges Verhalten die sogenannte mittlere Temperatur der Orte zur Folge hat. Wären diese überhaupt und einander entgegenwirkenden Ursachen sich überall gleich und blofs die Höhe der Sonne verschieden, so müfsten die Temperaturen nach einem regelmäfsigen Gesetze mit zunehmender Polhöhe abnehmen und unter gleichen Breiten- und ungleichen Längengraden mit unbedeutenden Abweichungen einander gleich seyn. Inzwischen sind die Unterschiede der Temperaturen des westlichen Europa von denen unter gleichen Breiten in Nordamerica und Nordasien so auffallend verschieden, dafs die Gelehrten seit geraumer Zeit bemüht waren, die Ursachen hiervon aufzufinden. Alles, was sich hierüber bisher zur Erklärung dieser auffallenden Anomalie sagen liefs, indem die Temperaturen der südlichen

Digitized by Google

Halbkugel mit denen des nördlichen Theiles von America und von Asien sehr gut übereinstimmen, an der Westküste America's aber und in einem noch weit höheren Grade an der Westküste Europa's eine ungewöhnliche Wärme vorherrscht, wurde von mir bereits oben[1] und noch gründlicher durch Kämtz[2] beigebracht, woraus sich ergiebt, daſs der Golphstrom theils unmittelbar, theils mittelbar durch seinen Einfluſs auf die Witterungsverhältnisse der von ihm bespülten Küsten als eine vorzügliche Ursache dieser Anomalie zu betrachten ist. Es blieb dabei die auffallende Bodenwärme der äuſsersten Districte Norwegens von mir nicht unbemerkt, die kaum als eine Folge des die Küste bespülenden wärmeren Meeres gelten kann, und manche Gelehrte[3] haben daher überhaupt die aufgestellten Ursachen dieser Anomalie für ungenügend gehalten. Inzwischen glaube ich jetzt den eigentlichen Grund dieses sonderbaren Phänomens aufgefunden zu haben, wie bereits oben §. 56 angedeutet worden ist, und diese neue Ansicht der Sache scheint mir wegen sehr nahe liegender Verbindung mit andern Erscheinungen von groſser Wichtigkeit zu seyn.

131) Cordier[4] hat im Allgemeinen geäuſsert, die bereits reducirte und somit von ihrer ursprünglichen Hitze abgekühlte Kruste der Erde habe vielleicht nicht überall gleiche Dicke. Dieser Satz, welcher mit seiner Theorie über die Veränderungen, wodurch unser Erdball seinen jetzigen Zustand erhalten muſste, im genauen Zusammenhange steht, bietet sich der Vorstellung leicht dar und fällt mit einem andern zusammen, wonach die äuſsere Rinde der Erde immerhin an einigen Stellen noch einen merkbaren Theil ihrer früheren Hitze beibehalten haben könnte, er bleibt jedoch ohne nähere Bestimmung stets in der Sphäre einer bloſsen sinnreichen Hypothese. Meine Untersuchungen über die Temperatur des Meeresgrundes führten jedoch unerwartet zu einigen Resultaten, die für dieses Problem einen sichern Haltpunct geben und woran sich dann einige sehr nahe liegende höchst interessante Folgerungen knüpfen lassen.

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1004.
2 Meteorologie. Th. II. S. 77.
3 Vergl. Dove in Poggendorff Ann. XI. 581.
4 Bibliothèque univ. T. XXXVII. p. 105. Vergl. §. 3.

Digitized by Google

Beim Ueberblicke der Tabelle über die Temperaturen des Meeres[1] muſs sogleich auffallen, daſs im völligen Widerspruche mit der allgemeinen Regel, wonach die Wärme mit der Tiefe abnimmt, vom 60sten bis zum 80sten Breitengrade in einem Streifen, welcher etwa 5 bis 10 Grade östlich und westlich vom Greenwicher Meridiane liegt, die Temperatur in der Tiefe wächst und an einigen Stellen nicht bloſs höher ist, als an allen übrigen bekannten Orten unter gleichen Breitengraden, aber gröſserer westlicher und östlicher Länge, sondern auch eine mit der Natur jener Orte durchaus unvereinbare Höhe erreicht. Zu gröſserer Bequemlichkeit setze ich einige dort angegebene vorzügliche Puncte her. Unter 61° N. B. 7° W. L. maſs Sabine[2] an der Oberfläche 9°,6 und in 470 Lachter Tiefe 8°,3; unter 66° N. B. und 5° östl. L. fand Franklin in 260 Faden Tiefe 5°,2, nur 0°,9 weniger als an der Oberfläche. Höhere Breiten gaben noch auffallendere Resultate. So fand Franklin unter 77° N. B. und 12° östl. L. in 700 Lachter Tiefe 6°,1, während die Oberfläche nur 0°,5 zeigte, und Scoresby unter 78° N. B. 0° L. in 761 Lachter Tiefe 3°,3, obgleich die mit Eis bedeckte Oberfläche bis zum Gefrierpuncte des süſsen Wassers erkaltet war. Daſs aber Franklin und Beechey unter 80° N. B. 11° östl. L. mitten zwischen Eisschollen, welche die Temperatur der Oberfläche bis 0° und darunter herabbrachten, in 185, 217 und 140 Faden Tiefe 2°,5, 2°,8 und 2°,5, Fischer aber an derselben Stelle oder unweit derselben in 60, 100 und 140 Faden Tiefe sogar 7°,8, 7°,9 und 8°,0 maſs, kann nicht anders als im höchsten Grade befremdend erscheinen. Bei einigen Messungen, namentlich von Scoresby und Franklin, zeigt sich augenfällig, daſs die Wärme mit zunehmender Tiefe wächst, was der allgemeinen Regel ganz zuwider ist, nach welcher

---

1 S. Art. *Meer* Bd. VI. S. 1678.

2 Daſs Ross an derselben Stelle in 950 Faden Tiefe nur 2°,2 erhielt, kann die Angabe nicht verdächtigen, vielmehr ist diese Temperatur in so beträchtlicher Tiefe unter jener Breite und bei 5° Wärme an der Oberfläche des Meeres gleichfalls sehr hoch. Es sind aber für beide Messungen nur ganze Grade der Breite und Länge angegeben, die Erfahrung ergiebt aber, daſs auch an anderen Orten, namentlich oberhalb Spitzbergen, die warmen und kalten Puncte nahe bei einander liegen.

das Wasser des Meeres nach unten kälter wird, und blofs die hier untersuchten Stellen und einige zwischen den Antillen nach v. Horner's[1] Erfahrungen machen, so viel mir bekannt, eine Ausnahme von diesem allgemeinen Gesetze. Ebenso leicht aber, als die letztere Anomalie aus unter dem Meere befindlichen Kratern in jener an Vulcanen so reichen Gegend erklärbar wird, ebenso schwierig ist es, für die ersteren einen genügenden Erklärungsgrund zu finden, wenn man nicht eine in jenem Tractus statt findende höhere Temperatur des Bodens annehmen wollte, wie bereits früher untersucht worden ist[2]. Um die Thatsache selbst übersichtlicher darzustellen, habe ich auf der Polarcharte, welche die Isothermen der nördlichen Halbkugel enthält, einige von denjenigen Puncten mit einem Sternchen bezeichnet, an denen eine auffallend hohe Temperatur in der Tiefe gefunden wurde. Sind gleich die bis jetzt bekannt gewordenen Messungen zur gründlichen Entscheidung der Frage über die Temperatur des Meeresbodens an den genannten Stellen keineswegs völlig genügend, insofern nicht einmal angegeben ist, ob und wo der Grund des Meeres wirklich erreicht wurde und nach welchem Gesetze die Temperatur mit der Tiefe zunahm, so geht doch aus der Vergleichung der erhaltenen Resultate mit denen, die unter östlicher und westlicher liegenden Meridianen bei gleichen Polhöhen gefunden wurden, unverkennbar hervor, dafs auf dieser Strecke eine unnatürliche Wärme des Meeres in der Tiefe vorherrscht. Wird diese Thatsache mit einer andern, ebenso auffallenden, in Verbindung gesetzt, dafs nämlich der Boden an vielen Stellen Lapplands unter dem hohen Schnee niemals gefriert[3], während er unter gleichen Breitengraden in Sibirien und America niemals aufthauet, so kann man kaum umhin, hieraus einige höchst wichtige Folgerungen abzuleiten und diese mit andern Ursachen in Verbindung zu setzen, welche einzeln oder vereint die Abweichung der Temperaturen von demjenigen Gesetze, welches durch die ungleiche Höhe der Sonne gegeben wird, bedingen und namentlich die so viel besprochene gröfsere Wärme der Länder an der Westküste Europa's im Ge-

1 S. Art. *Meer.* Bd. VI. S. 1682.
2 Ebendas. S. 1684 ff.
3 S. Art. *Erde.* Bd. IV. S. 999.

gensatze der ausnehmenden Kälte der südlichen Halbkugel, so wie Nordamerica's und Sibiriens, zur Folge haben.

132) Darf in Gemäfsheit der beigebrachten Thatsachen als erwiesen gelten, dafs die Strecke der Erdkruste, die im Meridiane von Greenwich von etwa 50° N. B. an bis über den 80sten Breitengrad hinaus liegt, bis zu geringerer Tiefe reducirt und somit noch nicht auf gleiche Weise als die übrigen Theile den jedesmaligen Polhöhen gemäfs abgekühlt ist und dafs die stärkere Abkühlung nach beiden Seiten hin allmälig wächst, bis sie in einem Abstande von etwa 95 bis 120 Längengraden ihr Maximum erreicht, so mufs die mittlere Temperatur auf dieser Strecke verhältnifsmäfsig am höchsten seyn und mit der Entfernung hiervon abnehmen, bis sie an den angegebenen Grenzen ihr Minimum erreicht. Zunächst scheint es zwar am natürlichsten, dafs nur ein einziges Minimum der Wärme 180° von dem angegebenen Maximum entfernt gefunden werde, die Erfahrung ergiebt aber gerade das Gegentheil, indem entweder gleichfalls wegen minderer Abkühlung des Bodens[1] oder aus andern Gründen in ungefähr 180° Abstand von der angegebenen Strecke gleichfalls ein wärmerer Tractus liegt. Zur besseren Uebersicht habe ich diejenigen Puncte, wo die ausgezeichnete Wärme in der Tiefe gefunden wurde, durch eine punctirte Linie vereinigt. Wird dabei die angegebene Bodenwärme in Norwegen gleichfalls berücksichtigt, so erhält man zwei Zweige dieser thermischen Linie, die sich am nördlichen Ende Spitzbergens vereinigen, von wo an die dann gegebene Linie in ihrer Fortsetzung entweder unter dem astronomischen Pole oder westlich neben demselben[2] bis

1 Eigentliche Messungen der Temperatur des Meeres in dieser Gegend sind mir nicht bekannt und dürften sich nur in schwer zugänglichen Werken finden, wenn sie überhaupt vorhanden sind, wie sich bezweifeln läfst. Die in der Tabelle Bd. VI. S. 1678 angegebenen wenigen Messungen von Lenz und Horner führen unverkennbar auf eine mit der Tiefe wachsende Abnahme der Temperatur, wie dieses der Regel gemäfs ist, und reichen nur bis zum 53sten Breitengrade. Die zahlreichen Vulcane auf Kamtschatka und auf den Inselgruppen, welche rechts und links zerstreut liegen, wenn man von der Behringsstrafse aus die Richtung nach Süden verfolgt, deuten dagegen unverkennbar auf ein Emporkommen der inneren Erdwärme.

2 Diese westliche Richtung ist auf jeden Fall die wahrscheinliche, denn Franklin erhielt unter 81° N. B. und 10° östl. Länge in

Digitized by Google

zur Behringsstrafse fortläuft. Verfolgt man diese Betrachtungen weiter, so bietet sich ungesucht die Folgerung dar, dafs dieser wärmere Strich die zu beiden Seiten liegenden Kältepole trenne und die sie umgebenden isothermischen Linien bedinge. Man kann demnächst kaum umhin, noch eine andere Folgerung hieran zu knüpfen, die so nahe liegt, dafs man unwillkürlich darauf geführt wird. Die Vergleichung der isothermischen Linien auf dem beigegebenen Chärtchen mit den Isoklinen und isodynamischen Linien[1] zeigt sofort, dafs die beiden Kältepole mit den beiden magnetischen genau zusammenfallen, wie Brewster[2] und mehrere Andere bereits bemerkt haben. Wenn man aber berücksichtigt, dafs im Innern der Erde, ihren Kern als glühend vorausgesetzt, gar kein Magnetismus vorhanden seyn kann, sofern dieser mit der Glühhitze unverträglich ist, so folgt hieraus mit einer gewissen Nothwendigkeit, dafs derselbe in der Erdrinde seinen Sitz haben müsse, und es ist dann nicht mehr eine kühne, nach den neuesten thermomagnetischen Entdeckungen wohl kaum überhaupt noch eine Hypothese, ihn für Thermo-Elektro-Magnetismus zu halten[3]. Wäre endlich hierdurch entschieden, dafs

---

72 Faden Tiefe noch 1°,1 Wärme, Parry aber unter 81°,5 N. B. und 24° östl. Länge in 400 Lachter Tiefe — 1°,1 C. Ob man aber diese Linie der geringsten Wärme als eine regelmäfsig gekrümmte betrachten und hiernach ihre Richtung bestimmen dürfe, das ist eine andere und sehr schwierige Frage.

1 S. Charte IV. in Bd. VI.

2 Edinburgh Journ. of Sc. New Ser. N. VIII. p. 315. Poggendorff Ann. XXI. 323. Hansteen machte zuerst auf die Aehnlichkeit der Isothermen und Isoklinen aufmerksam. S. Untersuchungen u. s. w. S. XII.

3 Vergl. *Magnetismus*. Bd. VI. S. 1081. Durch Zufall wurde ich im Herbst 1829 darauf geführt, dafs die durch Fresnel zuerst wahrgenommenen, durch Pouillet, Pfaff und Andere gleichfalls beobachteten Drehungen eines an einem Coconfaden unter einer Campane aufgehangenen Coulomb'schen Waagebalkens Folgen der durch Wärme im Glase, im Eise, im Thone und vermuthlich in allen Körpern, selbst in Metallen, erregten Elektricität sind. S. Poggendorff Ann. XX. 417. Lenz hat sich später gegen diese Resultate erklärt, s. ebend. XXV. 24. XXXV. 72., und zwei Sätze aufgestellt, indem er zuerst das Elektrischwerden des Glases durch Wärme überhaupt für unstatthaft erklärt, und daher zweitens die Bewegungen des Waagebalkens als Folge der durch Wärme erzeugten Luftströmungen betrachtet. Der erste Satz ist unterdefs durch Becquerel's Versuche widerlegt worden,

Digitized by Google

die magnetischen Pole in denjenigen Puncten unserer Erde liegen, wo die äufsere Rinde unseres Planeten am stärksten abgekühlt ist, so hört die bis jetzt unerklärte Wanderung der magnetischen Pole auf, noch ferner ein unauflösliches Räthsel zu seyn, und erscheint vielmehr als eine nothwendige Folge jener veränderlichen Abkühlung[1]. Wir können diese Schlüsse

---

s. dessen Traité expérimental de l'Électricité et du Magnétisme. Par. 1834. T. II. p. 70 fgg., rücksichtlich des zweiten Satzes kann ich nur das bereits Gesagte, s. Poggendorff Ann. XXIX. 331., wiederholen. Weit entfernt, behaupten zu wollen, dafs die Bewegungen, welche Lenz bei seinem Apparate wahrnahm, nicht von Luftströmungen herrührten, bin ich zugleich völlig überzeugt, dafs sie bei dem meinigen Folge von Elektricität des Glases und der geringeren des Eises und Thones waren, und dieses Resultat wird sich allezeit herausstellen, wenn der Apparat dem von mir deutlich beschriebenen genau nachgebildet ist. Abgerechnet, dafs die Drehungen des Waagebalkens nach Fresnel's, Pouillet's und meinen eigenen Versuchen in etwa 400mal verdünnter Luft noch leichter erfolgen, als in atmosphärischer Luft, habe ich wiederholt das Holundermarkkügelchen zusammt dem Waagebalken gegen die Wandung des Glases, wie dieses bei elektrischen Conductoren häufig geschieht, fliegen gesehn, wenn die Erwärmung etwas stärker war. Da dieses nur in Folge elektrischer Erregung geschehn kann, so ist damit die Erklärung des Phänomens entschieden, indem man mir nicht zutrauen wird, dafs ich eine solche Thatsache dem Publicum aufzubürden beabsichtigen sollte. Der gläserne Apparat ist noch an seiner ursprünglichen Stelle vorhanden und zeigt fortdauernd den Unterschied der äufseren Temperatur und der des Zimmers, sobald dieser bis etwa 3° R. steigt. Dabei hat sich aber folgende merkwürdige und mir unerklärliche Veränderung herausgestellt. Die schöne und vorzüglich helle Halbkugel war im Sommer 1834 durch Austrocknen der Bodenscheibe in 3 grofse Stücke zersprungen. Diese habe ich blofs mit aufgelöstem arabischem Gummi zusammengekittet und so den Apparat wieder hergestellt. Seitdem ist er im Ganzen unempfindlicher geworden, namentlich ist es unmöglich, den Balken um 180° durch Anhalten der warmen Hand herumzudrehn, aufserdem aber wird jetzt, im Gegensatze der früheren Erscheinung, nicht das Holundermarkkügelchen, sondern das mit Blattgold belegte Ende des Waagebalkens von der durch die Hand 15 bis 30 Secunden lang erwärmten Stelle angezogen, wenn der Abstand nicht über 100 bis 120 Grade beträgt; das genäherte Ende bleibt dann aber, wenn es dieser Stelle gerade gegenüber steht, so wie früher das Holundermarkkügelchen, ungeachtet fortdauerder Erwärmung, in vollkommener Ruhe und läfst sich von einer solchen durch stärkere Erwärmung einer andern schwer oder gar nicht entfernen.

1 Vor allen verdienen die zahlreichen Untersuchungen von Moser

ohne den Vorwurf allzugroſser Kühnheit noch weiter verfolgen und die aufgestellten Sätze mit den erwiesenen Hebungen einiger Theile Skandinaviens und den Senkungen von Grönlands Küste in Verbindung setzen. Grönland hatte ehemals ein milderes Klima, eine gröſsere Wärme, namentlich des Bodens, als gegenwärtig, und der eine Magnetpol lag daher westlich weiter entfernt, nach gröſserer Abkühlung des Bodens ist der magnetische Pol näher gerückt und Grönlands Küsten zeigen seit den letzten 100 Jahren, eine entschiedene Senkung[1], auf der skandinavischen Halbinsel dagegen fällt die gröſsere Bodenwärme mit den bekannten Hebungen zusammen, die nach der sinnreichen Hypothese des scharfsinnigen L. v. Buch von innen heraus bewirkt werden[2], und der östliche Magnetpol muſste daher weiter nach Osten gerückt werden.

Die beiden letzteren Sätze sind allerdings hypothetisch, im Ganzen aber fallen eine solche Menge von ausgemachten Thatsachen zusammen und die angegebenen Folgerungen gehn so ungezwungen unmittelbar daraus hervor, daſs der Beifall im Allgemeinen kaum fehlen kann[3]. Uebersieht man zur Prüfung derselben namentlich die isothermischen und die isogeothermischen Linien, so drängt sich unwillkürlich die Idee einer gröſseren Bodenwärme in der bezeichneten Gegend auf, wir müssen ihre Existenz einmal annehmen und die angegebene geringere Abkühlung des Bodens erscheint in Gemäſsheit der beigebrachten triftigen Gründe als hauptsächliche Ursache

berücksichtigt zu werden, welcher den Zusammenhang der magnetischen und thermischen Verhältnisse unserer Erde nachgewiesen hat. Poggendorff Ann. XXVIII. 49. XXXIV. 68.

1 Man will ebendaselbst im verflossenen Jahrhunderte eine Abnahme der Temperatur bemerkt haben. S. Voigt's Magazin. Th. IX. S. 470.

2 Vergl. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1604.

3 Es würde zu weit führen, wenn ich alle die vielfachen Folgerungen hier aus der Hypothese ableiten wollte, die ungezwungen daraus hervorgehn, deren innerer natürlicher Zusammenhang jedoch leicht auffällt. Unter andern erinnere ich nur an die oben Th. VII. S. 360. aufgestellte Erklärung der Nordlichter. Die beiden groſsen Continente sind durch groſse Wasserstrecken, beide warm, die eine vorzugsweise, durchschnitten, welches auf die elektrische Erregung, die Magnetpole, den Ort der Nordlichter und die Declination der Magnetnadel den vorhandenen Einfluſs nothwendig äuſsern muſs.

Digitized by Google

derselben, jedoch giebt es auch noch andere mitwirkende, die demnächst untersucht werden sollen.

133) Man nimmt an, dafs die Isothermen sich unter etwa 180° der Länge auf gleiche oder ähnliche Weise nördlich biegen, als dieses unter dem Meridiane von ungefähr 0° der Fall ist, und dafs sie somit lemniscatenförmig in sich selbst zurücklaufende Curven bilden. Ob dieses wirklich der Fall sey, kann wegen Mangels an genügenden Beobachtungen zwar nicht mit Gewifsheit, wohl aber mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden. Ausgemacht ist, dafs in der Gegend auf beiden Seiten des Meridians von 180° an der asiatischen und americanischen Küste die Temperatur ungleich milder ist, als im Continente beider Welttheile. Aufser dem, was hierüber bereits angegeben worden ist, dienen noch folgende Thatsachen zum Beweise. Kotzebue[1] fand an der Westküste America's unter etwa 55° 36′ N. B. die Temperatur milder, als an der Ostküste Asiens zu Kamtschatka unter gleicher Breite, und unter 57° N. B., bei Neuarchangel milder, als selbst in Europa unter gleicher Breite, und dennoch ist der Winter in Kamtschatka gelinder als in Sibirien unter gleichem Parallel. Zu Sitka unter 57° 3′ N. B. fand Lütke[2] die mittlere Temperatur = 7°,25, weit höher als im asiatischen und americanischen Continente, obgleich niedriger als z. B. zu Aberdeen unter 57° 9′ N. B., wo sie 8°,64, und zu Bergen unter 60° 24′ N. B., wo sie 8°,18 beträgt. Auch Scouler[3] redet von dem grofsen Unterschiede der Temperaturen an der östlichen und westlichen Küste America's, indem unter andern die Bewohner von Quebeck gegen die gröfste Kälte zu kämpfen haben, während die Bewohner von Columbia unter ungefähr gleicher nördlicher Breite fast nackt gehn, und auch die höher liegenden aleutischen Inseln haben wegen steter Feuchtigkeit zwar keine warmen Sommer, aber auch keine kalten Winter[4]. Ebendieses Resultat geht hervor aus einer Vergleichung von Fort Vancouver mit Montreal, jenes unter 45° 38′, dieses unter 45° 31′ N. B., wo die mittlere Temperatur dort

1 Neue Reise um die Welt. Weim. 1830. S. 19.
2 London and Edinburgh Phil. Mag. N. VI. p. 427.
3 Edinburgh Journal of Science N. XII. p. 351.
4 Langsdorf Reisen. Th. II. S. 55.

13°,36, hier 7°,6 beträgt[1]. Es könnte seyn, dafs in der Strecke unter etwa 180 Graden der Länge die Erdkruste gleichfalls nicht so vollständig abgekühlt wäre, als die grofse Wärme unter 0° uns schliefsen läfst, bestimmte Thatsachen sind hierüber jedoch nicht bekannt, auch ist nicht nöthig, zu dieser Hypothese unsere Zuflucht zu nehmen, denn die Wärme ist, wie der Unterschied der Temperaturen namentlich zu Sitka und Aberdeen zeigt, unter 180° der Länge bei weitem geringer als unter 0° und die ungewöhnliche Wärme der letzteren Gegend erstreckt sich einestheils bei weitem nicht so hoch hinauf, indem Malaspina[2] unter 60° N. B. das Wasser im Hafen Dessengaño im Juni noch mit Eis bedeckt fand und Kotzebue[3] in der Eschscholtzbai unter 66° N. B. im August wegen grofser Eismassen nicht weiter vordringen konnte, anderntheils läfst sich die höhere Wärme jener Gegenden leicht aus andern Ursachen erklären, die aufser der angegebenen die Temperatur und hauptsächlich die mittlere bedingen. Dahin gehören vorzüglich die

b) Strömungen des Meeres.

134) Der Einflufs des Golphstromes ist bereits in dieser Beziehung gewürdigt worden, aufserdem aber findet eine allgemeine Strömung des Meeres in der Art statt, dafs die wärmeren Wassermassen aus niederen Breiten neben den brittischen Küsten vorbei über Spitzbergen hinaus strömen. Whewell[4] hat diesen Gegenstand genauer untersucht und nachgewiesen, dafs eine solche Strömung, die er *Wellenströmung* nennt und als Folge der Wellenbewegung betrachtet, selbst unter dem Nordpole hin sich bis zur Behringsstrafse erstreckt. Sie mufs der Natur der Sache gemäfs hauptsächlich eine oberflächliche seyn, da das wärmere Wasser, als specifisch leichter, sich nach der Oberfläche hinzieht; wenn aber das Wasser in der Gegend der schettländischen Inseln und hauptsächlich neben Spitzbergen aufserdem noch von unten herauf erwärmt wird und die ganze

---

1 Compte Rendu 1835. p. 267. Daraus in Poggendorff Ann. XLI. 661.

2 V. Humboldt Neuspanien. Th. II. S. 277.

3 Dessen Reise. Th. II. S. 143.

4 Philos. Trans. 1833. P. I. p. 189.

Wassermasse sich in der angegebenen Richtung bewegt, so muſs hierdurch nothwendig eine Milderung der Temperatur bis zur Behringsstraſse bedingt werden. Ein Theil dieses wärmeren Wassers gelangt ohne Zweifel durch eine Bewegung nach Osten auch an die Westküste von Nowaja Semlia und ist dann eine von den Ursachen, welche die mildere Temperatur dieser Küste im Gegensatze der östlichen erzeugen, so daſs die gröſsere Anhäufung des Eises, von welcher Baer[1] diesen Unterschied ableitet, vielmehr als eine Folge der ebengenannten Ursache zu betrachten wäre. Auf die nämliche Ursache läſst sich dann auch die Erscheinung zurückführen, daſs das Meer in einiger Entfernung von den Nordküsten Sibiriens unter 75° N. B. in der Gegend von Kotelnoy, den Mündungen der Lena und des Kolyma gegenüber, später und weniger gefriert als an diesen selbst[2]. Das in der angegebenen Richtung strömende Wasser kann aber seine Wärme nicht länger beibehalten, als bis es zur Behringsstraſse gelangt, und vermag daher zur Erwärmung der Küsten unter niedrigern Breiten wenig oder nichts mehr beizutragen, da es auf der langen Strecke seine höhere Temperatur ganz oder mindestens zum bei weitem gröſsten Theile abgegeben haben muſs, die mildere Temperatur der nördlicher liegenden Westküste von America wird aber durch eine andere Strömung bedingt, welche die wärmeren Wassermassen aus niederen Breiten in diese Gegenden führt, denn Kotzebue[3] bemerkt ausdrücklich, daſs er an denjenigen Stellen, die ihm dort eine so auffallend milde Temperatur zeigten, einen dicht an der Küste hinlaufenden nördlichen Strom wahrgenommen habe. Umgekehrt giebt es auch Kälte bringende Strömungen, unter denen diejenige, welche das tief erkaltete Wasser und ungeheure Eismassen aus dem Polarmeere der Ostküste Nordamerica's zuführt, am bekanntesten ist, mehr als diejenige, welche aus der Behringsstraſse herabflieſsend die Temperatur der östlichen Küste Nordasiens unter diejenige der gegenüber liegenden Westküste Nordamerica's herabdrückt.

---

1 Bulletin de la Soc. des Sc. de Petersb. T. II. N. 15.

2 V. Wrangel physikal. Beobacht. herausgegeben von Parrot. S. 11.

3 A. a. O.

Digitized by Google

c) Luftströmungen und Winde.

135) Bei weitem die allgemeinste und wirksamste Ursache, wodurch die Temperaturverhältnisse bedingt werden, ist in den Luftströmungen zu suchen, und ich möchte dreist behaupten, dafs die Wichtigkeit dieser Ursache von den Meteorologen bei weitem nicht nach ihrer ganzen Bedeutsamkeit gewürdigt worden sey, denn sie erscheint mir als die einzige, woraus die räthselhaften Ungleichheiten der Temperaturen nicht sowohl verschiedener Orte, als vielmehr verschiedener Zeiten und Jahre an denselben Orten erklärbar werden. Die oben §. 128 erwähnte Erscheinung der Nachtfröste, welche bei ruhiger Luft die Pflanzen, hauptsächlich in den Niederungen, zerstören, möchte ich aus einem Herabsinken kälterer Luftmassen erklären[1], noch mehr aber die ungleich heifsen Sommer und kalten Winter aus dem Einflusse südlicher oder nördlicher Luftströmungen. Die gemeinsten allbekannten Erfahrungen geben hierüber eine genügende Menge von Thatsachen an die Hand. Wie wollen wir den so aufserordentlichen Unterschied der heifsen und kühlen Sommer, der milden und strengen Winter erklären? Eine ungleiche Erwärmung durch die Sonnenstrahlen ist ganz unzulässig, denn sonst müfsten die heiteren Sommer bei scharfer trockner Luft die heifsesten, die schwülen, von trocknen und feuchten Nebeln oder Wolken begleiteten, dagegen die kältesten seyn. Noch ungleich auffallender stellt sich jedoch der Widerspruch bei der Winterkälte heraus, die allezeit bei heiterem Himmel am stärksten, bei trübem und feuchtem dagegen am gelindesten ist. Meistens leitet man die Kälte im Frühjahre, welche die sogenannten Nachtfröste herbeiführt, aus einer stärkeren Strahlung ab, die bei heiterem Himmel gröfser als bei bedecktem seyn soll, allein nicht zu gedenken, dafs diese Strahlung allezeit noch als eine kühne, rücksichtlich der eigentlich dabei wirksamen Ursache noch keineswegs genau bestimmte Hypothese besteht, kann man, ohne der wissenschaftlichen Forschung Gewalt an-

---

1 Bekanntlich findet man die Ursache hiervon in einer stärkeren Strahlung; aber warum sollen Niederungen und Thäler stärker strahlen? Das Gegentheil, eine geringere Strahlung, müfste statt finden, da die von ihnen ausgehenden Radien nicht die ganze innere Halbkugel des Himmels treffen.

Digitized by Google

zuthun, die ungleiche Sommerhitze ebenso wenig, als insbesondere die ungleiche Strenge der Winter aus derselben abzuleiten. In heifsen Sommern haben wir oft Wochen lang bei Tage und bei Nacht heiteren Himmel, ohne dafs Abkühlung erfolgt, die nicht selten gerade dann eintritt, wenn am Abend Wolken entstehn und dem gemeinen Sprachgebrauche nach die Hitze sich durch Wetterleuchten abkühlt. Noch auffallender ist dieses im Winter. Aus langer Erfahrung erinnere ich mich vieler Winter, in denen es oft anhaltend bei Tage und bei Nacht heiter war, dennoch aber gehörten sie zu den gelinden; in anderen fiel bei trübem Himmel eine Menge Schnee herab, bedeutende Strahlung, die der Theorie nach von der weifsen Schneefläche noch geringer seyn müfste, konnte nicht statt finden, aber dennoch trat sofort eine empfindliche Kälte ein. Noch im December 1837 hatten wir einige Tage anhaltend heiteres Wetter bei sehr milder Temperatur, obgleich vorher schon Frost statt gefunden hatte und daher der Boden bereits abgekühlt seyn mufste, im Januar 1838 aber trat nach vorausgegangener Trübung und etwas Schnee eine anhaltende strenge Kälte ein. Unmöglich kann die ohnehin als *qualitas occulta* existirende Strahlung wie ein *deus ex machina* in Anspruch genommen werden, um diese abnormen Erscheinungen zu enträthseln.

Um vieles leichter und consequenter werden dieselben aus Luftströmungen erklärt, wenn wir annehmen, dafs kältere Massen aus der Polarzone oder von östlichen Gegenden herkommend und auf ausgedehnte Strecken herabsinkend Kälte bringen, statt dafs wärmere aus südlichen und westlichen Regionen Wärme herbeiführen. Diese ungleich wahrscheinlichere Hypothese wird leicht durch eine Menge Argumente unterstützt. Zuerst erklärt sich hieraus leicht der nicht selten plötzliche Uebergang von Wärme zur Kälte und umgekehrt, so wie das längere Anhalten der einmal eingetretenen Veränderung, die als eine nothwendige Folge des Beharrungszustandes bei so bedeutend grofsen bewegten Massen zu betrachten ist. Hiermit möchte ich in Verbindung bringen, dafs der allgemeine Charakter der Witterung sich hauptsächlich dann entscheidet, wenn in den Solstitien und Nachgleichen der Vor- und Rückgang der Sonne das Aufsteigen der Luftmassen in der äquatorischen Zone erzeugt und dadurch die Strömungen der

Digitized by Google

angrenzenden, nach der einen sowohl als nach der entgegengesetzten Richtung, in verschiedenen Schichten über einander bedingt, wobei es von unbekannten, wahrscheinlich mit den tropischen Regen zusammenhängenden Ursachen abhängt, ob die von Süden her nach den Polen sich hinwälzenden Massen oder die ihnen entgegengesetzten in der Art die Oberhand erhalten, dafs sie sich in der Nähe der Erdoberfläche im Ganzen erhalten, wenn gleich einzelne Störungen die Richtungen mannigfaltig abändern. Auf gleiche Weise läfst sich auch die im Allgemeinen bewährte Regel hier anknüpfen, dafs meistens die Witterungsdisposition in zwei auf einander folgenden Jahren sich ähnlich bleibt und nicht selten im zweiten noch entschiedener hervortritt. Zum Beweise will ich nur an die warmen Sommer 1806 und 1807, dann 1810 und 1811, wiederum 1818 und 1819 und endlich 1833 und 1834 erinnern. Insbesondere aber beziehe ich mich hierbei gern auf einen gleichsam prophetischen Ausspruch von Kämtz[1], welcher sagt, dafs die Ursachen der allgemeinen Witterungsdispositionen vielleicht noch lange Zeit räthselhaft bleiben werden, wir aber seit geraumer Zeit durch vorzüglich warme Sommer und gelinde Winter verwöhnt worden sind, was wohl mit der Seltenheit der Nordlichter zusammenhängen möge, nach deren öfterem Erscheinen vielleicht eine andere Gestaltung eintreten dürfe. Ich möchte diesen Satz erweiternd sagen: sie haben wirklich angefangen, sich häufiger zu zeigen; dieses deutet an, dafs Strömungen der trockenen und kalten Polarluft nach niederen Breiten hin statt gefunden haben, in welcher eindringende wärmere Massen diese der Polarzone zunächst zugehörigen elektrischen Erscheinungen in den höhern Regionen erzeugen, und damit hat der Eintritt geringerer Sommerwärme und strengerer Winterkälte begonnen. Endlich aber folgt aus der Hypothese im Ganzen, dafs in der äquatorischen und der Polarzone der Wechsel kalter und warmer Jahre nicht so stark seyn kann, als in der zwischen beiden liegenden gemäfsigten, die dem Einflusse der kalten und warmen Luftströmungen am stärksten ausgesetzt seyn mufs.

---

1 In seiner Meteorologie. Die Stelle kann ich nicht sogleich wieder finden.

136) Es giebt ferner eine Menge von Erscheinungen, die den Einfluſs der Windrichtung auf die Temperatur unzweideutig darthun. Dahin gehört die für Deutschland und wohl das ganze westliche Europa allgemein gültige Erfahrung, daſs gröſstentheils mit Südwestwinden die Regenperioden beginnen, dann aber beim Uebergange der Windrichtung nach Norden Kälte mit nachfolgendem heiterem Wetter eintritt. Ueberhaupt ist der Satz, daſs südliche Winde Wärme, nördliche dagegen Kälte bringen, so allgemein bekannt, daſs er keines Beweises bedarf. Im westlichen Europa ist man hiermit sehr vertraut, jedoch darf diese Regel nicht auf alle Theile der Erde angewandt werden, weil der Einfluſs der Winde auf die Witterung im Allgemeinen und die Temperatur der Orte im Besondern von der Beschaffenheit derjenigen Gegenden abhängt, aus denen die Luftmassen herzuströmen. Dieses ist an sich leicht begreiflich und es kommt bei der vorliegenden Untersuchung nur darauf an, nachzuweisen, welchen bedeutenden Einfluſs die Winde je nach ihrer durch Oertlichkeiten bedingten Beschaffenheit auf die Temperatur haben, und diese Aufgabe ist nicht schwierig. Daſs für Deutschland die nördlichen Luftströmungen Kälte bringen, geht aus der Natur der Sache hervor, und ebenso nothwendig folgt, daſs die östlichen und noch mehr die nordöstlichen trockne Kälte herbeiführen müssen, denn sie kommen aus denjenigen Gegenden, wo nach den Erörterungen (oben a) eine gröſsere Kälte herrscht, als im westlichen Europa, hauptsächlich im Winter, auſserdem aber sind sie schon wegen ihrer niedrigen Temperatur trocken und obendrein noch dadurch, daſs sie auf der langen Länderstrecke ihren Wassergehalt bereits abgegeben haben; kein Wunder also, daſs sie den milderen Gegenden theils unmittelbar, theils in Folge der Dampfbildung Kälte und zwar trockne bringen, wodurch die Haut spröde wird und aufspringt[1]. Selbst Luftströmungen, die von benachbarten hohen Bergen herabsinken, drücken die mittlere Temperatur der Orte bedeutend herab, und daher ist wegen der Nähe der Alpen diese zu Marseille nur 14°,4, statt daſs sie zu Montpellier unter etwas höherer Breite 15°,2 beträgt[2]. Auch Scou-

---

1 Ueber eigenthümliche kalte Winde in Indien s. *Wind.*

2 Der Unterschied wäre noch gröſser, wenn wir nach v. Hum

LER[1] leitet die gröſsere Wärme zu Columbia von nordwestlichen Winden ab, die eine feuchte und warme Luft von dem Meere herbeiführen, statt daſs ebendiese zu Quebeck eine bedeutende Kälte erzeugen, weil sie von den beeisten Küsten des nördlichsten Theiles von America herkommen. Welchen bedeutenden Einfluſs überhaupt die Winde auf die Temperatur der meisten nordamericanischen Städte äuſsern, ist bereits früher[2] erwähnt worden.

Bei dem oben §. 111 angegebenen ungewöhnlichen Wechsel der täglichen und jährlichen Temperatur in Mittelafrica wurde zugleich bemerkt, daſs gewisse Winde stets Wärme, andere dagegen Kälte herbeiführen, und ebendieses findet im Nilthale statt, wo noch obendrein die aus der Wüste kommenden Südwinde im Winter kälter sind, als die über das mittelländische Meer hinstreichenden Nordwinde[3]. In Persien, namentlich zu Teheran, sind die vom Caucasus kommenden Winde wegen ihrer Kälte bekannt und nach MALCOLM[4] zeigte einst im Juni das Thermometer daselbst Mittags bei Südwinde noch 33° C., Abends nach eingetretenem Nordwinde dagegen fast 0°. Ganz so grelle Gegensätze, als diese angegebenen, zeigen sich im westlichen Europa, wahrscheinlich in diesem ganzen Welttheile nicht, weil sein Flächeninhalt kleiner, mithin das Meer den einzelnen Orten näher ist, als bei den drei übrigen, zugleich auch die ausgedehnten Hochebenen und riesenhaften Gebirgsketten ihm fehlen, die sich in jenen finden; welche Ursachen aber bewirken mögen, daſs auch an den Küsten von Neuholland, offenbar in Folge wechselnder Luftströmungen, so auffallend starke Unterschiede der Temperaturen statt finden und namentlich die von den blauen Bergen her wehenden Winde so unerträgliche Hitze bringen, dieses kann erst künftig bei genauerer Kenntniſs jenes Welttheils entschieden werden. In Europa ist vorzüglich Ungarn einem starken und mitunter schnellen Wechsel der Temperaturen ausgesetzt, welcher

BOLDT die mittlere Temperatur zu Marseille = 12°,27 annähmen. S. oben d. Tabelle.

1 Edinburgh Journ. of Science. N. XII. p. 351.

2 S. Art. *Klima.*

3 Nach ABD-ALLATIF in Relat. de l'Égypte. Ed. SACY. Bei KÄMTZ Th. II. S. 44.

4 History of Persia. T. II. p. 509. Ebend.

durch die Winde bedingt wird, jenachdem diese über die südlichen Ebenen herzuströmen oder von Norden her, in welchem letzteren Falle sie, an sich schon kalt und trocken, auf den Karpathen noch einen Theil ihrer Wärme verlieren.

137) Aus den angegebenen Gründen sind wir auf gewisse Weise gezwungen, die Wechsel der Temperaturen von den Luftströmungen abzuleiten, da sich kein anderer Grund zu ihrer Erklärung auffinden läfst. Dennoch ist es ausnehmend schwer, diesen Einflufs aus den beobachteten Windrichtungen nachzuweisen, und die Erfahrung führt hierbei nicht selten zu ganz widersprechenden Resultaten, indem fast allezeit die einmal eingetretene ungewöhnliche Hitze sowohl, als auch Kälte bei allen Windrichtungen fortdauert, ja selbst nicht blofs die Windfahnen geben dieses an, wonach man auf partielle untere Strömungen schliefsen könnte, sondern das Barometer zeigt auch in der Regel allezeit einmal oder sogar wiederholt während solcher Perioden durch seinen hohen oder tiefen Stand, dafs bei grofser Hitze nördliche und bei intensiver Kälte südliche Luftströmungen vorhanden seyn können. Bis zu einem gewissen Grade läfst sich diese Täuschung leicht beseitigen. Zuerst können die fraglichen Luftströme in höheren Regionen, als wohin die Windfahnen und selbst auch die niederen sichtbaren Wolken reichen, statt finden und sich an irgend einer Stelle niedersenken, von wo sie dann in ganz verschiedener Richtung sich bewegen, zweitens aber versteht sich von selbst, dafs sowohl die warmen als auch die kalten Luftmassen, durch welche bei ihrer ursprünglichen Bewegung die Temperatur gewisser Strecken bedingt wurde, später bei entgegengesetzter Strömung zuvor zurückgekehrt seyn müssen, ehe sich die durch sie erzeugten Temperaturen ändern. Auf diesem Umstande beruht es wohl vorzüglich, dafs in kalten Wintern nach anhaltendem Froste die Kälte bei tiefem Barometerstande noch eine geraume Zeit fortdauert und erst dann plötzlich milde Witterung eintritt.

138) Aus diesen Gründen ist es schwer, aus beobachteten gleichzeitigen Windrichtungen und Thermometerständen das Verhältnifs beider zu einander auf eine solche Weise auszumitteln, dafs daraus der Zusammenhang nördlicher Winde mit niedriger und südlicher mit hoher Temperatur hervorgeht, nicht zu gedenken, dafs wir nur von wenigen Orten etwas

vollständigere Beobachtungen der Windrichtungen besitzen, die auf einen hinlänglichen Grad der Genauigkeit Ansprüche machen können. Außerdem aber macht Kämtz[1] noch auf zwei hierbei sehr wesentliche Bedingungen aufmerksam. Zuerst kann sich leicht treffen, daſs bei gleichzeitig beobachteten Barometerständen und Windrichtungen die letzteren, die nach den Anzeigen der Windfahnen oft für kurze Zeiten wechseln, ein dem eigentlichen völlig entgegengesetztes Resultat geben. Diesem Uebelstande kann nur durch Vereinigung einer gröſseren Zahl von Beobachtungen begegnet werden. Zweitens aber haben die Jahreszeiten einen bedeutenden Einfluſs auf die Wirkungen der herrschenden Winde, indem namentlich die feuchten im Sommer eine Milderung der Hitze, im Winter dagegen der Kälte herbeiführen. Daſs dieses speciell im westlichen Europa von groſsem Einfluſs sey, wo die feuchten Westwinde zwischen den warmen südlichen und kalten nördlichen in der Mitte liegen, wird aus den folgenden Untersuchungen deutlich hervorgehn.

139) Dove hat zuerst in einer gelehrten Abhandlung[2] gezeigt, auf welche Weise mit Entfernung der einzelnen Anomalieen das Verhältniſs der Windrichtungen zu den Thermometerständen ausgemittelt werden könne, Kämtz hat im Wesentlichen dasselbe Verfahren angewandt und durch Vereinigung mehrerer Orte die sogenannte *thermometrische Windrose* für Europa aufzufinden sich bemüht. Die durch Letztern gefundenen Resultate, um einen schätzbaren Beitrag aus Karlsruher Beobachtungen vermehrt, theile ich hier dem wesentlichen Inhalte nach um so mehr mit, je wichtiger es ist, daſs auch an andern geeigneten Orten Beobachtungen der Windrichtungen gleichzeitig mit den Thermometerständen angestellt und auf gleiche Weise zu einem Endresultate vereinigt werden. Sind Thermometerstände und Windrichtungen mehrmals am Tage gleichzeitig aufgezeichnet worden, so stellt man nach dem von Kämtz[3] angewandten Verfahren von den gleichzeitig einmal oder mehrmal täglich angestellten Beobachtungen der Temperatur und Windrichtung die einem jeden Winde zu der näm-

1 Meteorologie. Th. II. S. 25.
2 Poggendorff Ann. XI. 567.
3 Meteorologie. Th. II. S. 25.

lichen Stunde in allen Monatstagen und, wenn mehrjährige Beobachtungen vorhanden sind, die den nämlichen Tagen und Stunden zugehörigen, auf solche Weise zusammen, dafs man die mit den verschiedenen (acht, sechzehn oder zweiunddreifsig) Windrichtungen zusammenfallenden mittleren Temperaturen erhält[1], und findet auf diese Weise die monatliche thermometrische Windrose. Sind mehrfache tägliche Beobachtungen vorhanden, deren ohnehin täglich zwei oder drei oder wohl noch mehr angestellt werden, so sucht man auf die angegebene Weise die den einzelnen Stunden zugehörigen mittleren Resultate und vereinigt diese zu einem gemeinschaftlichen monatlichen Mittel, um daraus die monatliche thermometrische Windrose zu finden, und diese monatlichen Mittel können dann wieder zur Auffindung vierteljährlicher oder ganzjährlicher thermometrischer Windrosen benutzt werden. Kämtz bezeichnet die Art seines Verfahrens noch genauer und zwar für drei Beobachtungen täglich, wovon man leicht die Regeln für nur eine, zwei oder mehrere tägliche Beobachtungen abstrahiren kann. Sind die Beobachtungen um 7^h Morgens, 2 und 9^h Nachmittags angestellt worden, so wird zuerst der monatliche mittlere Thermometerstand für diese Stunde gesucht. Dieser sey 10°,2, 14°,3 und 12°,4, also deren Mittel = 12°,3. Dann addirt man zu jeder Beobachtung den Unterschied der monatlichen mittleren und der diesen Stunden zugehörigen mittleren Temperaturen, also im vorliegenden Falle:

für 7^h . . . . 12°,3 — 10°,2 = 2°,1
— 2^h . . . . 12°,3 — 14°,3 = — 2°,0
— 9^h . . . . 12°,3 — 12°,4 = — 0°,1

addirt dann die so corrigirten, den einzelnen Windrichtungen zugehörigen Thermometerstände zusammen, dividirt die Summe durch die Anzahl der Beobachtungen und erhält dann die jedem einzelnen Winde zugehörigen mittleren monatlichen Tem-

1 Dove benutzte die zu Paris gemachten mittägigen Beobachtungen des Windes und sah das Mittel aus dem Maximum und Minimum der Wärme als die ihm zugehörige Temperatur an. Sind mehrjährige Beobachtungen vorhanden, so werden einzelne Anomalieen (wenn z. B. nach einer Bemerkung von Kämtz ein gewisser Wind in einem Monate nur einmal vorkommt und dann das Thermometer zufällig einen ungewöhnlichen Stand hat) ausgeglichen.

Digitized by Google

peraturen. Dafs diese dann wieder vereinigt werden können, um die jährliche Windrose zu erhalten, versteht sich von selbst. Zur Ausgleichung der Anomalieen und zur Auffindung der genaueren Curve bedient man sich der Polar-Coordinaten, von Nord durch Ost nach Süd bis zum Anfangspuncte zurücklaufend, nach derjenigen Formel, welche bereits mehrmals[1] angegeben worden ist. Kämtz erhält auf diese Weise von mehreren Orten in Europa die thermometrischen Windrosen.

London[2].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter . .	1°,13	1°,54	2°,77	3°,89	6°,18	6°,02	4°,70	2°,38
Frühling .	8,21	8,45	9,13	10,86	12,14	11,78	10,49	9,47
Sommer .	17,57	18,15	19,14	19,16	18,12	17,92	17,02	17,06
Herbst . .	9,14	10,53	11,03	11,97	11,32	11,77	10,42	9,86
Jahr . . .	9,01	9,66	10,52	11,47	11,69	11,87	10,66	9,69

Es fällt sogleich in die Augen, dafs die Resultate nach den Jahreszeiten verschieden sind; sucht man aber mit Anwendung

1 S. Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1960. Es wird genügen, hier nur zu bemerken, dafs man zur Auffindung der einem gewissen Winde zugehörigen Temperatur bei 8 Winden diese von N. anfangend durch NO., O. u. s. w. bis NW. gerechnet mit den Zahlen 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 bezeichnet. Heifst dann T_w die einem so bezeichneten Winde zugehörige Temperatur, T aber seine aus den Beobachtungen gefundene mittlere, so ist

$$T_w = T + u . \mathrm{Sin.}(w 45^\circ + v) + u' \mathrm{Sin.}(w 90^\circ + v').$$

Für diesen Ausdruck findet man die für u, v, u' und v' gehörigen Werthe, wenn man die den Winden zugehörigen beobachteten Temperaturen in folgende Formeln aufnimmt, in denen 0, 1, 2 . . . . 7 diejenigen Temperaturen sind, die den durch diese Zahlen bezeichneten Winden zugehören. Es ist dann

$$u \,\mathrm{Sin.} v = \tfrac{1}{4}[0 - 4 + (1 - 3 - 5 + 7)\,\mathrm{Sin.} 45^\circ]$$
$$u \,\mathrm{Cos.} v = \tfrac{1}{4}[2 - 6 + (1 + 3 - 5 - 7)\,\mathrm{Cos.} 45^\circ]$$
$$u' \mathrm{Sin.} v' = \tfrac{1}{4}(0 - 2 + 4 - 6)$$
$$u \,\mathrm{Cos.} v' = \tfrac{1}{4}(1 - 3 + 5 - 7).$$

Auf welche Weise für 16 Winde gerechnet werde, ergiebt sich hiernach von selbst, wenn man die a. a. O. zur Auffindung der barometrischen Windrose angegebene Formel hiernach abändert.

2 Aus 9jähr. Beobachtungen von 1776 bis 1781 und 1787 bis 1789 in den Phil. Trans. Die Beobachtungszeiten waren 8^h Morgens und 2^h Nachmittags. Hiernach sind alle Thermometerstände zu hoch, was jedoch bei der Aufsuchung der Verhältnisse nichts schadet.

Digitized by Google

des angegebenen analytischen Ausdruckes diejenigen Winde, bei denen der höchste und tiefste Barometerstand statt findet, so erhält man

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter .	N. 11° O.	1°,19	S. 30° W.	6°,38	5°,19
Frühling .	N. 82° O.	8,22	S. 14° W.	15,15	3,93
Sommer .	N. 54° W.	17,05	S. 71° O.	19,15	2,10
Herbst . .	N. 5° W.	9,34	S. 24° O.	11,67	2,33
Jahr . . .	N.	9,08	S. 12° W.	11,87	2,79

Die nördlichen Winde sind also die kalten, die südlichen die warmen, jedoch liegt der kälteste Wind im Winter und Frühling etwas östlich, im Sommer und Herbst westlich; für den wärmsten findet das Gegentheil statt.

Paris[1].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter . .	2°,90	1°,00	1°,99	4°,58	6°,63	7°,93	7°,03	4°,83
Frühling .	10,98	11,96	14,04	16,52	16,24	14,57	13,49	11,72
Sommer .	21,79	22,49	24,60	26,29	23,60	21,31	21,05	20,60
Herbst . .	11,85	11,45	12,90	15,25	15,55	15,66	13,49	12,59
Jahr . . .	12,02	11,76	13,50	15,25	15,43	14,92	13,64	12,39

Hieraus folgt auf die angegebene Weise:

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter . .	N. 53° O.	1°,17	S. 54° W.	7°,74	6°,57
Frühling .	N. 7° O.	10,97	S. 25° O.	16,57	5,60
Sommer .	W.	20,68	S. 53° O.	25,90	5,22
Herbst . .	N. 28° O.	11,49	S. 2° W.	15,99	4,50
Jahr . . .	N. 18° O.	11,69	S. 17° O.	15,70	4,01

Hamburg[2].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter .	-1°,37	-3°,12	-3°,25	-2°,00	1°,37	2°,12	2°,25	0°,38
Frühling .	7,88	7,75	8,75	10,37	9,62	9,62	8,50	7,63
Sommer .	17,62	18,25	19,38	20,37	19,00	18,25	16,50	16,38
Herbst .	7,75	7,75	8,75	9,12	10,13	10,62	9,88	9,12
Jahr . . .	8,00	7,62	8,38	9,50	10,00	10,13	9,25	8,88

1 Nach 11jährigen Mittagsbeobachtungen auf der Sternwarte, von 1816 bis 1826.

2 Aus 15jähr. Beob. in Buek Hamburgs Clima und Witterung.

Digitized by Google

Die Berechnung giebt hiernach:

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter .	N. 65° O.	—3°,77	S. 46° W.	2°,98	6°,75
Frühling .	N. 4° O.	7,57	S. 18° O.	10,16	2,59
Sommer .	N. 64° W.	16,41	S. 41° O.	20,04	3,63
Herbst . .	N. 23° W.	7,70	S. 50° W.	10,52	2,82
Jahr . . .	N. 30° O.	7,70	S. 16° W.	10,20	2,50

Karlsruhe[1].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter . .	-1°,21	-2°,44	-1°,51	1°,46	3°,98	4°,27	2°,93	1°,03
Frühling .	9,17	9,26	11,50	13,94	13,65	11,72	10,78	10,44
Sommer .	18,34	18,89	20,52	20,90	19,58	18,49	19,02	18,96
Herbst . .	9,38	8,62	9,66	11,12	11,52	11,36	11,39	10,85
Jahr . . .	9,93	7,87	9,06	11,88	12,51	11,49	11,61	11,86

Die hieraus gesuchten Minima und Maxima sind folgende:

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter . .	N. 52° O.	—2°,40	S. 28° W.	4°,43	6°,83
Frühling .	N. 28° O.	9,04	S. 28° O.	14,19	5,15
Sommer .	N. 9° O.	18,29	S. 60° O.	21,02	2,73
Herbst . .	N. 41° O.	8,62	S. 7° O.	11,43	2,81
Jahr . . .	N. 53° O.	7,80	S. 14° O.	12,62	4,82

Ofen[2].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter .	-2°,71	-1°,43	-0°,53	-0°,99	0°,80	1°,32	0°,03	-0°,29
Frühling .	8,70	10,14	9,91	11,91	12,42	12,20	9,96	9,36
Sommer .	20,26	21,28	28,10	23,75	23,04	22,87	20,64	19,82
Herbst . .	9,15	9,55	10,10	10,64	12,44	12,62	10,40	9,55
Jahr . . .	8,83	9,85	10,51	11,22	12,30	11,88	10,19	9,74

Hieraus ergiebt die Berechnung:

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter . .	N. 5° O.	—2°,07	S. 53° W.	1°,25	3°,32
Frühling .	N. 2° W.	9,02	S. 12° W.	12,69	3,67
Sommer .	N. 33° W.	19,92	S. 42° O.	23,44	3,52
Herbst . .	N. 25° W.	9,13	S. 23° W.	12,72	3,59
Jahr . . .	N. 16° W.	9,13	S. 11° W.	12,20	3,07

1 Aus 42- bis 45jähr. Beob., nach Eisenlohr in Untersuchungen über den Einfluſs des Windes u. s. w. Heidelb. 1837. 4. S. 47.

2 Aus 9jähr. Beob. von 1782 bis 1786 und 1789 bis 1792 auf der Sternwarte. In Mannheimer Ephemeriden.

Moscau[1].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter	-4°,74	-14°,86	-11°,86	-7°,96	-4°,26	-5°,13	-5°,56	-11°,27
Frühling	2,30	3,51	4,80	4,74	5,21	7,21	6,29	5,06
Sommer	16,69	17,78	18,40	19,09	18,74	17,14	17,58	16,46
Herbst	0,59	—0,68	2,78	3,91	4,14	3,51	3,30	1,04
Jahr .	1,21	1,44	3,58	4,62	5,96	5,69	5,40	3,32

Hieraus erhält man:

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter. .	N. 24° O.	—15°,41	S. 36° W.	—4°,13	11°,28
Frühling .	N. 8° O.	2,63	S. 69° W.	7,20	4,57
Sommer .	N. 22° W.	16,65	S. 51° O.	19,06	2,41
Herbst . .	N. 20° O.	— 0,53	S. 24° O.	4,17	4,70
Jahr . . .	N. 19° O.	1,06	S. 42° W.	5,90	4,84

Stockholm[2].

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter .	-8°,3	-7°,00	-2°,80	0°,24	1°,01	0°,63	-0°,69	-5°,43
Frühling .	0,24	- 0,23	2,63	4,55	5,10	5,46	5,91	2,40
Sommer .	14,88	16,02	16,99	17,08	18,54	17,15	17,08	14,52
Herbst . .	3,74	5,51	8,23	9,41	8,78	8,46	7,21	3,13
Jahr . . .	2,65	3,49	6,24	7,89	8,36	8,03	7,35	3,46

Hieraus erhält man:

	Minimum		Maximum		Unterschied
Winter .	N. 10° O.	—8°,55	S. 17° W.	0°,98	9°,53
Frühling .	N. 21° O	— 0,57	S. 64° W.	5,85	6,42
Sommer .	N. 21° W.	14,60	S. 22° W.	18,06	3,46
Herbst . .	N. 16° W.	2,98	S. 35° O.	9,07	6,09
Jahr . . .	N. 2° O.	2,27	S. 26° W.	8,41	6,14

Kämtz leitet aus diesen Thatsachen die unmittelbar aus ihnen hervorgehenden Resultate ab, die ich unverändert mittheilen kann, da sie durch die Karlsruher Beobachtungen nur Bestätigung finden. Man sieht, dafs überall in Europa die nördlichen Winde Kälte, die südlichen dagegen Wärme brin-

1 Beobachtungen von Stritter aus den Jahren 1785 und 1786, dann 1789, 1791 und 1792, in den Mannheimer Ephemeriden, durch Kämtz auf Centesimalgrade reducirt.

2 Aus 9jähr. Beob. von Nicander in den Jahren 1784 bis 1792. Aus den Mannheimer Ephemeriden.

gen, und zwar in einem sehr bedeutenden Verhältnisse, wie unverkennbar hervorgeht, wenn man die so eben gefundenen jährlichen Unterschiede der Temperaturen an den einzelnen Orten mit den daselbst statt findenden mittleren vergleicht und das Verhältnifs beider aufsucht, wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt.

Orte	Breite		Mittl. Temper.	Unterschiede d. Temp.	Verhältnifs.
London .	51°	31′	9°,83	2°,79	0°,283
Paris . . .	48	50	10,81	4,01	0,371
Hamburg	53	33	8,90	2,50	0,281
Karlsruhe	48	59	10,48	4,82	0,460
Ofen . . .	47	30	10,53	3,07	0,291
Moscau .	55	47	3,26	4,84	1,484
Stockholm	59	21	5,10	6,14	1,204

Im Allgemeinen liegt ferner der kälteste Wind etwas östlich vom Norden, weil in Europa die Kälte nicht blofs aus den nördlich, sondern auch aus den östlich gelegenen Gegenden herbeigeführt wird, der wärmste etwas westlich von Süden, weil die wärmste Strecke der Erde und das sehr erwärmte Meer nach dieser Richtung hin liegen; aus ebendiesen Gründen aber geht im Winter und Frühjahr der kälteste Wind mehr nach Osten, der wärmste mehr nach Westen, im Sommer dagegen wird die Richtung des kältesten Windes mehr westlich, des wärmsten dagegen mehr östlich, weil dann die feuchteren westlichen Luftströmungen Abkühlung, die trocknen östlichen aber Vermehrung der Wärme herbeiführen. Eine genauere Vergleichung zeigt indefs bedeutende Unterschiede. Es ist nämlich für

Orte	Minimum	Maximum
London .	N.	S. 12° W.
Paris . . .	N. 18° O.	S. 17° O.
Hamburg	N. 30° O.	S. 16° W.
Karlsruhe	N. 53° O.	S. 14° O.
Ofen . . .	N. 16° W.	S. 11° W.
Moscau . .	N. 19° O.	S. 42° W.
Stockholm	N. 2° O.	S. 26° W.

Kämtz meint, diese Abweichungen beruhten auf der Unvollkommenheit der Beobachtungen, weil zur Ausmittelung der

Digitized by Google

Windrichtungen vieljährige genaue Beobachtungen erforderlich sind und daher auch die durch unmittelbare Beobachtungen und die durch Berechnung gefundenen Werthe noch immer merklich abweichen. Dieses ist gewiſs unbezweifelt richtig; von der andern Seite aber ist nicht weniger ausgemacht, daſs die Windrichtungen selbst an einander nahe liegenden Orten durch Localverhältnisse merklich geändert werden, wenn gleich die Luftströmung im Ganzen dieselbe ist. So versichert unter andern Otto Eisenlohr, daſs zwischen den wenig entfernten Städten Straſsburg und Karlsruhe ein merklicher Unterschied der Windrichtungen wahrgenommen wird, welcher in der Lage der Alpen, der Schwarzwaldgebirge, einiger Wälder und vielleicht auch in der Richtung des Rheinstromes seinen Grund hat. Da dieses auf zahlreichen Beobachtungen beruht und die Karlsruher Beobachtungen auſserdem nicht bloſs dreimal täglich gemacht wurden, sondern auch bei weitem die längste Reihe von Jahren umfassen, so darf nach diesen wohl die Frage, ob der kälteste und wärmste Wind einander diametral entgegengesetzt sind, verneinend beantwortet werden. Dove[1] will dieses für Paris gefunden haben und nennt diese Linie dann den *meteorologischen Meridian*, welcher mit dem astronomischen einen Winkel von 17° bildet; Kämtz dagegen, welcher ein Glied mehr in die Formel zur Berechnung der mittleren Windrichtung aufnimmt, gelangt zu einem hiervon abweichenden Resultate und findet dieses wegen der eigenthümlichen Krümmung der isothermischen Linien auch nothwendig. Hieraus geht dann von selbst hervor, daſs die Richtungen der kältesten und wärmsten Winde, obgleich im Ganzen einander ähnlich, doch für jeden einzelnen Ort besonders aufgesucht werden müssen und daſs es keinen wesentlichen Nutzen gewährt, dieselben im Mittel für Europa aus den mitgetheilten Resultaten abzuleiten; auch folgt aus den bereits angegebenen Gründen, daſs diese Richtungen in den einzelnen Jahreszeiten verschieden seyn müssen, nicht zu gedenken, daſs auch hierauf partielle Localursachen einen nicht unbedeutenden Einfluſs ausüben.

140) Kämtz macht noch die interessante Bemerkung, daſs der Unterschied zwichen den durch kalte und warme Winde

1 Poggendorff Ann. XI. 578.

bedingten Temperaturen nicht in allen Jahreszeiten gleich grofs ist, und dieses auch nicht seyn kann, weil namentlich im Sommer die Wärme nach den Polen hin weit weniger abnimmt als im Winter. Beispielsweise darf man nur annehmen, nach Paris käme im Winter und im Sommer einmal ein warmer Luftstrom von den canarischen Inseln und dann von Christiania, jedesmal bei vorhandener mittlerer Temperatur dieser Jahreszeiten, so würde im Winter der warme Wind 18°,1, der kalte aber — 3°,7 haben, mit einem Unterschiede von 21°,8; im Sommer dagegen würden 24°,8 und 15°,8 als die den beiden Winden nach den Orten, woher sie kommen, zugehörigen Temperaturen nur einen Unterschied von 9° hervorrufen, und der Einflufs der ungleichen Winde mufs daher, ungeachtet mancher störenden Bedingungen, im Winter gröfser seyn als im Sommer. Schouw[1] hat aus einer langen Reihe von Jahren den Einflufs der östlichen und westlichen Winde auf die mittlere Temperatur von Kopenhagen aufgesucht und für die verschiedenen Jahreszeiten folgende Resultate erhalten:

	Westlich	Oestlich	Unterschied
Winter . . .	0°,54 . . .	—1°,56 . . .	—2°,10
Frühling . .	6,40 . . .	6,05 . . .	— 0,35
Sommer . .	17,24 . . .	17,74 . . .	0,50
Herbst . . .	9,46 . . .	9,46 . . .	0,00

Dafs übrigens der durch entgegengesetzte Luftströmungen erzeugte Unterschied der Temperaturen selbst nicht an allen Orten in Europa gleich seyn könne, liegt in der Natur der Sache, weil die gröfseren Land- oder Wasserstrecken, die Ebenen oder Gebirge, über welche die Luftmassen strömen, auf ihre Temperatur einen bedeutenden Einflufs haben. Nach der mitgetheilten Uebersicht der für die untersuchten Orte gefundenen Resultate scheint dieser Einflufs mit der Breitenzunahme zu wachsen und auch mehr in der Mitte grofser Continente stärker zu seyn. Ebenso ist von selbst klar, dafs für andere Welttheile, überhaupt für weit von einander entfernte Orte ganz verschiedene Gesetze rücksichlich des Einflusses der Windrichtungen auf die Temperaturverhältnisse statt finden.

1 Klimatologie. Hft. I. S. 71.

Digitized by Google

141) Aus den bisher mitgetheilten Erörterungen scheint mir zur Evidenz hervorzugehn, daſs, wenn wir einmal die nicht wohl zu bezweifelnde ungleiche Wärme des Bodens als eine constante Ursache der verschiedenen mittleren Temperaturen der Orte unter ungleichen Meridianen betrachten, die regelmäſsigen Wechsel der Wärme ausschlieſslich vom Stande der Sonne, die unregelmäſsigen dagegen fast ebenso vollständig von der Richtung der Luftströmungen abzuleiten sind, und daſs wir daher keineswegs einer noch nirgends aus sicheren Thatsachen als nothwendig abgeleiteten Strahlung bedürfen, um die unregelmäſsigen und meistens plötzlich eintretenden Wechsel der Temperaturen zu erklären. Dieser Satz würde noch überzeugender hervorgehn, wenn mehrere genaue Beobachtungen der herrschenden und wechselnden Windrichtungen, verbunden mit der Angabe gleichzeitiger Temperaturen, von vielen, ihrer Localität nach bekannten Orten zu Gebote ständen. Es scheint mir, als ob auch die Schwankungen des Luftoceans im Ganzen zur Erklärung der Temperaturverhältnisse eine nähere Berücksichtigung verdienen, als ihnen bisher zu Theil geworden ist; denn es läſst sich wohl nicht in Abrede stellen, daſs durch den ungleichen Stand der Sonne das Luftmeer in eine ihr folgende Bewegung versetzt wird, die daher mit dem Eintritte der Solstitien einen Wechsel beginnt, und obgleich die über diese Termine hinaus noch fortdauernde Kälte und Wärme zum groſsen Theile von der einmal bestehenden Erkaltung und Erwärmung des Bodens richtig abgeleitet wird, so dürften doch die genannten Oscillationen nicht unwesentlich hierzu beitragen. Ein Grund zu dieser Annahme liegt in den häufigen Erfahrungen, daſs im Frühling nach heiterer und warmer Witterung abermals Kälte, so wie im Sommer oder Herbst nach bedeutender Abkühlung wieder Wärme eintritt[1].

---

1 Die genauere Bestimmung der beiden kalten und eines oder zweier warmen Meridiane, worauf zuerst A. v. Humboldt aufmerksam gemacht hat, mögen sie von der ungleichen Abkühlung der Erde oder von sonstigen unbekannten Ursachen abhängen, ist für die Wärmeverhältnisse der nördlichen Halbkugel von gröſster Wichtigkeit. Mehr hypothetisch ist, wenn ich aus langer Erfahrung abstrahirt habe, daſs im Ganzen und abgesehen von einzelnen Winden für Deutschland die Witterungsdisposition im Winter von Ost nach West, im Sommer in

Digitized by Google

d) Hydrometeore und Feuchtigkeitszustand des Bodens.

142) Die außer den drei genannten noch existirenden, weit minder bedeutenden Ursachen, welche die Temperaturen der verschiedenen Orte bedingen, lassen sich leicht in einer kurzen Uebersicht zusammenstellen. Hierher gehört die Feuchtigkeit des Bodens, die in heißen Gegenden die Wärme vermindert, in kalten dagegen vermehrt, beides in Folge der großen specifischen Wärmecapacität des Wassers und der Menge von Wärme, die durch das Schmelzen des Eises und die Bildung des Dampfes gebunden, durch die entgegengesetzten Processe aber frei wird. Boussingault[1] unter andern hat bei einer Menge Orte in America zwischen 5° und 10° N. B. nachgewiesen, daß ihre mittlere Temperatur in Folge vorherrschender Feuchtigkeit merklich geringer ist, als die anderer, wo Trockenheit herrscht. Dahin gehört denn auch der Einfluß des benachbarten Meeres, großer Seen und selbst mächtiger Ströme, die, so wie ausgedehnte Waldungen, sämmtlich die Hitze des Sommers und die Kälte des Winters etwas mildern, im Ganzen aber wohl, mit Ausnahme des Meeres unter höheren Breiten, die mittlere Temperatur etwas herabbringen. Mit vollem Rechte leitet Hansteen[2] den großen Unterschied der jährlichen Schwankungen zu Leith und Christiania, die dort nur 19°,74, hier aber 45°,466 betragen, von den Nebeln ab, die vom Meere an die schottische Küste getrieben werden, und die milde Temperatur an Norwegens Westküste ist zwar zum Theil Folge einer dortigen größeren Bodenwärme, unleugbar aber zugleich auch der vom Meere herbeigeführten warmen Nebel. Ueber den Einfluß einer heiteren oder trüben Atmosphäre stellte Hutton[3] den allgemeinen Satz auf, daß eine Verminderung der Wärme durch Trübung erfolge, wenn die Temperatur bei heiterem Himmel größer als die mittlere,

---

entgegengesetzter Richtung fortschreitet. So kann man in Hamburg den Eintritt der Kälte nach dem Verhalten zu Petersburg, in unserer Gegend nach dem in Wien ziemlich sicher vorausbestimmen, was vielleicht auf einer Bewegung des Luftoceans im Ganzen beruht.

1 Ann. Chim. et Phys. T. LIII. p. 225.

2 Edinburgh Journ. of Science. N. XVII. p. 187.

3 Edinburgh Philos. Trans. T. I. p. 84.

Digitized by Google

dagegen eine Vermehrung, wenn sie geringer sey. Kämtz[1] hat einen für die Entscheidung der vorliegenden Frage sehr interessanten Beitrag geliefert, indem er aus 9jährigen Beobachtungen zu Ofen die Temperaturen an heiteren und bewölkten Tagen vereinigte und mit einander verglich, woraus folgende Resultate hervorgingen, bei denen das positive Zeichen im Winter eine Vermehrung, das negative im Sommer eine Verminderung der Wärme durch Trübung anzeigt.

Monat	heiter	bewölkt	Unterschied
Januar	−3°,58	−0°,86	+2°,72
Februar	− 2,45	0,80	+ 3,25
März	3,09	3,61	+ 0,52
April	10,73	9,11	− 1,62
Mai	19,01	15,01	− 4,00
Juni	21,73	18,70	− 3,03
Juli	23,09	20,55	− 2,54
August	22,41	19,65	− 2,76
September	17,65	15,59	− 2,06
October	10,09	9,91	− 0,18
November	3,17	4,19	+ 1,02
December	− 0,85	0,41	+ 1,26

Als eine Folge dieser Trübung betrachtet er dann auch die Kälte, welche nach einem Regen im Sommer meistens einzutreten pflegt, und beruft sich dabei auf eine Angabe von de Luc[2], wonach das Thermometer zu Genf am 21sten Aug. 1764 auf 27°,5 zeigte, nach einem Regen aber auf 10° herabging. Beispiele dieser Art sind nicht selten, insbesondere wenn nach drückender Hitze Gewitter mit Hagel folgen. Unter vielen andern sank bei dem grofsen Hagelwetter in Hannover[3] die Wärme von 31°,25 in kaum einer Stunde auf 6°,25 C. herab, und im Jahre 1832 beobachtete ich in Baden-Baden, dafs in der Mitte des Monats Juli das Thermometer, welches am Tage vorher um Mittag noch über 30° C. gezeigt hatte, bei feinem Regen auf 16°,5 herabging, nachdem auf dem Schwarzwalde ein Hagelwetter statt gefunden hatte, nach welchem dort in

---

1 Meteorologie. Th. II. S. 22.

2 Modificat. de l'Atmosph. §. 720. T. III. p. 273.

3 S. Art. *Hagel.* Bd. V. S. 80.

Digitized by Google

einer Nacht die Kartoffeln und Bohnen erfroren. Nach meiner Ansicht aber sind solche plötzliche auffallende Wechsel nur zum geringen Theile Folgen einer Trübung oder der Verdampfung, denn sonst müfsten sie allezeit mindestens in fast gleicher Stärke eintreffen, sondern sie werden bei weitem zum gröfsten Theile durch das Herabsinken der tief erkalteten Luftmassen aus beträchtlichen Höhen herbeigeführt. Heben sich diese bald wieder oder erhalten warme südliche Lufströmungen die Herrschaft, so ist die Abkühlung nur kurzdauernd und unbeträchtlich, wie denn oft nach Gewittern keine bedeutende Kälte eintritt und namentlich hier im Jahre 1824 die Wärme nach einem ungewöhnlich starken Hagelwetter nur unmerklich abnahm. In der Regel aber entstehn solche starke atmosphärische Niederschläge durch das Zusammentreffen kalter nördlicher und warmer südlicher Luftströmungen, die ersteren behalten dann in den unteren Regionen die Oberhand und es entsteht bleibende Kälte.

143) Es giebt noch verschiedene Ursachen, welche auf die Temperatur einzelner Orte oder Länderstrecken einen Einflufs haben, allein sie sind zu unbedeutend, um einzeln erwähnt zu werden, und bieten sich aufserdem jedem Forscher von selbst dar. Dahin gehört unter andern der Schutz, welchen eigens gelegene Berge gegen den Einflufs heifser oder kalter Winde gewähren, der Schatten von dichten Waldungen oder die Vermehrung der Hitze durch Felsen, die den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind; auch ist, wie Hamilton[1] richtig bemerkt, die Temperatur in den Städten wegen der vielen Verbrennungen und der engeren Zusammendrängung zahlreicher Menschen und Thiere gröfser, als auf dem Lande. Solche Einflüsse verdienen bei der Wahl des Ortes, wo die Beobachtungsthermometer aufgehangen werden, Berücksichtigung, sie eignen sich aber nicht zur Aufnahme in eine Untersuchung der allgemeinen Ursachen, welche die Temperaturen bedingen.

1 Biblioth. Britann. T. VIII. p. 337.

E. Veränderung der Temperaturen.

144) Die Frage, ob die Wärme der Erde im Ganzen sich verändert habe, ist bereits in Beziehung auf ursprüngliche Gestaltung und nachherige Ausbildung dieses Planeten untersucht worden[1] und die beigebrachten Thatsachen führten zu dem Resultate, dafs die Temperatur der verschiedenen Orte, einige minder bedeutende Wechsel nicht gerechnet, seit der historischen Zeit im Mittel sich gleich geblieben sey, so wenig auch die Hypothese einer ursprünglichen Glühhitze des Ganzen und allmäliger Abkühlung der äufseren Rinde erheblichen Zweifeln unterliegt. Jene Wahrheit, obgleich im Widerspruche mit den Meinungen Vieler, die in einigen Gegenden eine Verminderung, in andern eine Vermehrung der Wärme annehmen, läfst sich durch unwiderlegliche Thatsachen über jeden Zweifel erheben[2]. Allerdings ist es wohl möglich, dafs namentlich in Deutschland durch stärkere Entwaldung und erweiterte Bodencultur gröfsere Trockenheit herbeigeführt worden seyn mag, wodurch die Hitze des Sommers und ebenso, wegen freieren Luftzuges, die Kälte des Winters vermehrt werden mufs, ohne dafs die mittlere Temperatur eine merkliche Aenderung erleidet. Auf gleiche Weise mögen einzelne Districte durch Entfernung schützender Wälder oder Ansammlungen von kaltem Wasser der Gletscher selbst von ihrer mittleren Wärme etwas verloren, so wie andere durch entgegengesetzt wirkende Ursachen gewonnen haben, ohne dafs jener Behauptung dadurch Abbruch geschehn kann, weil alle Thatsachen, die rücksichtlich einiger Gegenden hierfür entscheiden, durch entgegengesetzte für andere benachbarte Districte wieder aufgehoben werden. Dieses Resultat geht auch aus den Untersuchungen hervor, welche Ideler[3] der vorliegenden Frage gewidmet hat, indem er zeigt, dafs allerdings an manchen Orten früher Wäl-

1 S. Art. *Geologie*. Bd. IV. S. 1332.

2 Die nachfolgenden, nur kurz angedeuteten Thatsachen sind im Art. *Temperatur der Erde* ausführlicher erörtert. Aufserdem wird diese wichtige Aufgabe hier und dort verschieden behandelt und es kann daher keine der beiden Darstellungen als eigentliche Wiederholung gelten.

3 Berghaus Ann. Th. V. S. 421.

Digitized by Google

der waren, wo sie gegenwärtig wegen Rauheit des Klima's nicht mehr fortkommen, weil bekanntlich die dicht gedrängten Bäume einander gegenseitig Schutz hauptsächlich gegen zehrende Winde und ausdürrende Sonnenstrahlen gewähren, dafs dagegen die früheren Thermometerbeobachtungen zu Lund, Stockholm, London und Kopenhagen auf eine der jetzigen nahe gleiche Temperatur schliefsen lassen. Sehr beweisend in dieser Beziehung sind die Resultate, welche Venez[1] aus seiner Vergleichung der wechselnden Gröfse vieler Gletscher entlehnt hat, wonach eine beträchtliche Zahl derselben fortdauernd zu wachsen, andere dagegen abzunehmen scheinen. Eine unmittelbare Beweisführung wäre allerdings nur aus einer Vergleichung sehr alter genauer Thermometerbeobachtungen möglich, die uns leider fehlen; um so schätzbarer sind deswegen die Beiträge, wodurch Libri[2] diesen Theil der Meteorologie bereichert hat. Dieser fand nämlich einige solche Thermometer auf, welche ehemals von der Akademie del Cimento verfertigt wurden und womit namentlich Reinert in der Mitte des 17ten Jahrhunderts 16 Jahre zu Florenz Beobachtungen anstellte. Die Reduction ihrer Scalen verstattete eine Vergleichung der gefundenen Temperaturen mit denen, die seit 1820 auf der dortigen Sternwarte gemessen wurden, woraus hervorgeht, dafs einmal — 6°,25 und ein andermal — 11°,25 C. beobachtet wurde, also die Wärme Toscana's, ungeachtet der seit 60 Jahren geschehenen Abholzung der Apenninen, nicht abgenommen hat. Noch in weit ältere Zeiten gehn die Vergleichungen zurück, welche Schouw[3] beigebracht hat. Hiernach fällt in Italien noch jetzt, wie zu den Zeiten der Römer, die Ernte in die Mitte des Mai und noch übereinstimmender die Ernte in den September; in der Umgegend des kaspischen und schwarzen Meeres sind noch jetzt, wie zu Herodot's Zeiten, kalte Winter nicht eben selten und das Zufrieren des Bosporus ereignet sich bei strenger Kälte in den neuesten Zeiten, wie damals. Uebereinstimmend mit ihm zeigt auch Arago[4], dafs das Klima von Palästina sich seit

1 Denkschriften der allgem. Schweiz. Gesell. f. d. ges. Naturw. Th. I. S. 1 ff.

2 Poggendorff Ann. XXI. 329.

3 Edinburgh Journ. of Science. N. XVI. p. 313.

4 Annuaire pour 1834.

Digitized by Google

Moses Zeiten nicht geändert habe, denn der Wein kommt nicht fort, wenn die mittlere Temperatur über 22° C. geht, und doch ist aus der Bibel genugsam zu entnehmen, daſs dort Weinbau in groſser Ausdehnung statt fand; Palmen aber mit reifen Früchten erfordern eine höhere Wärme und sind daher in Palästina selten, indem der Herzog von Ragusa deren nur ausnahmsweise einige fand. Noch jetzt, wie ehemals, fällt die Ernte dort in die Zeit von Mitte Aprils bis Ende Mais. Auch in Aegypten hat sich die Temperatur nicht geändert, obgleich in den Schriftstellern Angaben vorkommen, deren einige auf Vergröſserung, andere auf Verminderung der Wärme deuten. Dort war ehemals, wie noch jetzt, der Weinbau nicht bedeutend, weil dieser nicht über eine mittlere Temperatur von 21° bis höchstens 23° hinausgeht.

145) Die hier gegebene unzweifelhafte Entscheidung einer höchst wichtigen Frage der Physik ist zwar von groſser Bedeutung, so lange aber noch die unzweideutigsten Thatsachen vorhanden sind, daſs der Erdball früher Glühhitze hatte, die sich noch jetzt durch die mit der Tiefe zunehmende Wärme kund giebt, kann das Problem nicht als erledigt erscheinen, vielmehr bleibt immer noch zu untersuchen, ob der gegenwärtige Zustand, worin sich die Erdkruste befindet, der eines fortdauernden Gleichgewichts ist, oder ob eine stete Aenderung, aber eine so langsame statt findet, daſs die eben aufgefundene Periode der historischen Zeit von etwa 2000 oder, wenn wir bis auf Moses zurückgehn, von sogar 3500 Jahren doch nur als eine kurze erscheinen muſs, von welcher sich kein genügendes Argument für ein stetes Gleichbleiben der mittleren Wärme hernehmen läſst. Abstrahiren wir von den Argumenten, die man aus dem Auffinden scheinbar tropischer Gewächse in den Braun- und Steinkohlen-Formationen zu entnehmen geneigt ist, und von den Thierresten wärmerer Klimate, die sich sogar im ewigen Eise des Polarmeeres wiederfinden, als einem bereits erwähnten, zahllos oft untersuchten und noch zu keiner bestimmten Entscheidung gebrachten Probleme, so giebt es noch auſserdem eine Menge von Aufgaben, die neuerdings namentlich G. Bischof[1] zum Gegenstande ge-

1 Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers u. s. w. Leipz. 1837. 8.

nauerer Untersuchungen gemacht hat, deren Erörterung bei einer gründlichen Betrachtung der Temperaturverhältnisse unserer Erde durchaus nicht übergangen werden kann, obgleich sie im Ganzen nur dazu dient, die Gröfse der Schwierigkeiten einer genügenden Erklärung besser zu würdigen, zugleich aber die Hoffnung einer allseitig befriedigenden Lösung des Räthsels stets weiter hinausgerückt zu sehn. Poisson[1] glaubt den Weg bezeichnet zu haben, auf welchem man zu dem gewünschten Ziele gelangen könnte. Nach seiner Ansicht wird die Temperatur der Erdoberfläche bedingt 1) durch die Menge der Wärme, welche die sie berührende und über sie hinströmende Luft ihr entzieht; 2) durch die Quantität, die sie durch Strahlung verliert; 3) durch diejenige, die ihr durch Strahlung von allen Seiten der Luft her zugeführt wird, und endlich 4) durch diejenige, die durch die Sonnenstrahlen, sofern diese die Luft dringen und von der Erde absorbirt werden, entsteht[2]. Man übersieht bald, dafs die beiden ersten Ursachen negativ, die beiden letzten positiv wirken und durch ihre Vereinigung daher ein Zustand des Gleichgewichts entstehn kann. Allerdings würde es vortheilhaft seyn, wie Poisson bemerkt, durch Auffindung der Constanten zu den von ihm angegebenen Formeln in den Stand gesetzt zu werden, die künftige Beschaffenheit der Erdtemperatur schon in voraus mit einiger Gewifsheit oder mindestens Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, allein Poisson hat auf einen wichtigen Umstand nicht Rücksicht genommen, nämlich auf diejenige Wärme, die aus dem Innern des Erdkörpers auf die Oberfläche emporkommt, wie bei zahlreichen, noch gegenwärtig ohne Unterbrechung fortdauernden Processen unleugbar der Fall ist. Dieser Umstand erfordert allerdings eine nähere Betrachtung, und dieses um so mehr, als viele Thatsachen auf eine allmälige, wenn auch sehr langsame Abkühlung deuten. So schliefst Deshayes[3] aus den Muscheln, die sich versteinert in der tertiären Formation finden, und den gegenwärtig in der äquatorischen Zone lebenden gleichen, dafs

1 Journal de l'École polyt. Cah. XIX. p. 74 u. 323. Connaissance des Tems. 1827. p. 303.

2 Nach Fourier sind die Sonnenstrahlen, die Wärme des Himmelsraumes und die Glühhitze des Erdkerns die drei Quellen der Temperatur der Erdkruste.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 179.

Digitized by Google

zur Zeit der Entstehung dieser tertiären Ablagerung die Temperatur unter mittleren Breiten höher war als gegenwärtig, noch bestimmter aber folgern BRONGNIART und ELIE DE BEAUMONT[1] aus den Vegetabilien und Animalien in der Grobkalkformation der Umgegend von Paris, dafs zwar die gröfste Sommerwärme seit der Zeit, als diese Pflanzen und Thiere dort vegetirten, unter mittleren Breiten nicht verändert worden seyn könne, wohl aber die Winterkälte vermindert worden seyn müsse, weil diese Ueberreste eine mittlere Temperatur von etwa 22° C., wie zu Cairo herrscht, erfordern. Insbesondere hat BRONGNIART[2] durch Nachweisung der verschiedenen Gattungen vorweltlicher Pflanzenreste in den Kohlengebilden dargethan, dafs sie heifseren Zonen angehörten, und es ist daher eine allerdings ansprechende Hypothese, wenn G. BISCHOF[3] eine Senkung der jetzigen nördlichen Küstengegenden und ein Ueberströmen eisiger Polargewässer in die entstandenen Niederungen annimmt, womit sich das Herüberführen der Granitblöcke verbinden läfst und wodurch dann leicht die noch heifse Erdkruste so weit abgekühlt werden konnte, dafs die bis dahin herrschende tropische Wärme für immer verschwand, die ihr zugehörigen Pflanzen und Thiere aber ein plötzliches Grab fanden. Uebergehn wir die nicht wohl genügend zu beantwortenden Fragen, wie tief die Temperatur bereits vom ursprünglichen Flüssigkeitszustande herabgegangen seyn mufste, als das Leben der Pflanzen und Thiere anfangen konnte, und ob zu dieser Zeit die Temperatur der Erdkruste in ihrer ganzen Ausdehnung gleich war[4], so verdient doch das Resultat der Beobachtungen GRAESER's[5] bei den Eschweiler Steinkohlenlagern nicht unbeachtet zu bleiben, wonach die in der Tiefe vorkommenden Pflanzenarten höher hinauf verschwinden und andern Platz machen, wodurch also die allerdings naturgemäfse allmälige Abkühlung der Erdkruste einen thatsächlichen Anhaltspunct erhielte, welcher durch andere Gründe, namentlich dafs die Pflanzen- und Thierreste der tertiären Formation an Zahl und

---

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLII. p. 206.

2 Poggendorff Ann. XV. 385.

3 Wärmelehre der Erde. S. 345.

4 Beide sind ausführlich untersucht worden durch G. BISCHOF a. a. O. S. 351 ff.

5 BISCHOF a. a. O. S. 356.

Digitized by Google

Verschiedenheit der Species nach oben wachsen und unter mittleren Breiten nicht der tropischen, sondern der subtropischen Zone angehören, noch mehr Festigkeit gewinnt.

146) Es ist bereits von den Resultaten über die Abkühlungszeit der Erde geredet worden[1], zu denen Fourier durch seinen tiefgelehrten Calcül gelangte, wonach zwar eine stete Temperaturverminderung in Folge unausgesetzter Strahlung gegen den Himmelsraum statt findet, aber eine so langsame, daſs ihre Wirkung während der historischen Zeit nicht wahrnehmbar seyn konnte. Nach ihm also, übereinstimmend mit Poisson, ist die Temperatur der Erde jetzt in einem stationären Zustande, sofern die äuſserste Kruste einen durch die Jahreszeiten bedingten Wechsel erleidet, die in der Tiefe herrschende gröſsere Wärme aber wegen schlechter Leitungsfähigkeit der Massen die Oberfläche nicht mehr erreicht, um von da durch Strahlung in den Himmelsraum zu gelangen. Wollen wir uns durch die eleganten Formeln nicht blenden lassen, sondern dieses Verhalten mit physikalischen Gesetzen in Einklang bringen, so müssen wir zugestehn, daſs die Erde dann Wärme von ihrer Oberfläche abgiebt, wenn die letztere wärmer ist, als die sie berührende Luft, im umgekehrten Falle aber aufnimmt. Genau genommen müſste hiernach in einer gewissen Tiefe eine Grenze existiren, bis wohin die jährlichen Oscillationen der äuſsersten Kruste sich nicht erstrecken, weil das Eindringen der Winterkälte durch die Repulsion der Erdwärme gehindert würde, die wiederkehrende Sommerwärme aber bloſs den im Winter statt gefundenen Verlust der oberen Schichten wieder zu compensiren vermöchte. Nach den im 2ten Abschnitte angestellten Untersuchungen hätten wir unter niederen Breiten diese Grenze nach Boussingault in sehr geringer Tiefe, unter mittleren in etwa 65 bis 80 Fuſs und unter höheren noch tiefer zu suchen; allein die daselbst vorhandene Temperatur müſste zugleich der mittleren der Orte gleich seyn, was sich in der Erfahrung nicht bestätigt findet, indem sie vielmehr wohl allgemein höher gefunden wird. Auſserdem könnte nach den Ansichten beider Gelehrten der Wärmeverlust nur durch Strahlung gegen den Himmelsraum statt finden, deren wirkliche Existenz und eigentliche Wesenheit noch

1 S. Art. *Erde*, Temperatur. Bd. IV. S. 983.

Digitized by Google

vielen Zweifeln unterliegt, nicht zu gedenken, daſs die Bedingungen und die ganze Aetiologie dieser Strahlung noch überall nicht festgesetzt sind und daher ein jeder nach Belieben ihre Wirkungen gröſser oder geringer annehmen kann. Endlich ist aber neuerdings ein oben bereits erwähntes bedeutendes Argument gegen die aus dieser Theorie abgeleiteten Resultate aus dem Umstande hergenommen, daſs an einigen Orten eine gröſsere Kälte wirklich beobachtet wurde, als jene Gelehrten dem Himmelsraume anweisen, indem sie dieselbe zu etwa 50° C. annahmen.

147) Entfernen wir uns von diesen, keineswegs auf sicheren Grundlagen gestützten Hypothesen und würdigen wir vielmehr die uns zu Gebote stehenden einfachen Erscheinungen, so können einige Thatsachen auf keine Weise von uns übersehn werden, aus denen ein Entweichen der höhern Wärme aus gröſseren Tiefen auf die Oberfläche unleugbar hervorgeht. G. Bischof[1] hat die *Processe, wodurch unserer Erde Wärme entzogen wird,* aufgesucht und findet deren fünf: 1) das Aufsteigen von Thermen; 2) das Abschmelzen des Gletschereises durch die aus dem Erdboden ausströmende Wärme; 3) die Erwärmung des Wassers in Seen und im Meere, vermöge deren dasselbe über den Punct seiner gröſsten Dichtigkeit hinausgeht oder überhaupt als specifisch leichter aufsteigt und an der Oberfläche abgekühlt wird; 4) vulcanische Exhalationen und 5) Gasentwickelungen, vorzüglich Kohlensäure-Gasexhalationen. Will man es genau nehmen, so muſs noch ein 6ter Proceſs hinzugesetzt werden, nämlich die Abgabe von Wärme des Bodens an die Luft an allen den Orten, wo die des ersteren gröſser ist, als die der letzteren, beider mittlere Temperaturen angenommen. Daſs auch durch diese zuletzt genannte Ursache ein Wärmeverlust unserer Erde statt finden müsse, und ein nicht unbedeutender wegen der groſsen Ausdehnung derjenigen Strecken, wo die Bodenwärme noch zur Zeit gröſser ist, als die der Luft, unterliegt keinem Zweifel[2], wie auch immer der Wechsel der Temperatur bei der äuſsersten Erdrinde seyn mag. Ebenso wenig läſst sich in Abrede stellen, daſs die Wärmeabgabe da am stärksten seyn

1 Wärmelehre. S. 368.
2 Vergl. Bischof Wärmelehre. S. 301 ff.

müsse, wo die Bodentemperatur die der Luft am meisten übertrifft, also vorzüglich auf derjenigen Strecke, die sich nach oben §. 131 angeführten Beweisen durch ungewöhnlich hohe Boden-Temperatur auszeichnet. Es liegt aber in dieser Ungleichheit der mittleren Wärme unter gleichen Breiten ein neues Argument für die allmälige Temperatur-Verminderung der Erdkruste, da sich auf keine Art beweisen läfst, dafs die gegenwärtig noch wärmeren Strecken nicht auf die Temperatur anderer unter gleichen Breitengraden liegender herabsinken könnte.

148) G. Bischof hat die 5 von ihm aufgestellten Ursachen einer allmäligen Abkühlung unsers Erdballs einer ausführlichen Untersuchung unterworfen, jedoch wird es hier genügen, nur einige Hauptpuncte zu berühren, weil die Sache an sich im Allgemeinen auf den ersten Blick klar und keinem Zweifel unterworfen ist, zu einer Berechnung der Gröfse dieser Wirkungen aber und also zur Auffindung der Zeit, nach welcher eine um eine gewisse Anzahl von Graden des Thermometers merkbare Verminderung der Temperatur eintreten müfste, die erforderlichen Bestimmungen fehlen. Handelt es sich zuerst um diejenige Wärme, welche die *heifsen Quellen* an die Oberfläche der Erde führen und die somit der Erde entzogen wird, vorausgesetzt, dafs die mittlere Temperatur der Luft dadurch nicht steigt, so müssen wir als *warme Quellen* alle diejenigen betrachten, deren Wasser fortdauernd wärmer ist, als die mittlere Wärme derjenigen Orte, wo sie entspringen, wenn der Unterschied auch nur einen oder einige Grade beträgt. Es ist aber bereits am geeigneten Orte[1] gezeigt worden, dafs es solcher Quellen in allen Regionen der Erde und in den verschiedensten Höhen eine sehr grofse Zahl giebt, dafs die Wärme einiger derselben sehr grofs ist, ja bei den entschieden mit Vulcanen zusammenhängenden sogar die Siedehitze erreicht, und im Allgemeinen, wenn auch einzelne Ausnahmen statt zu finden scheinen oder erweislich statt finden sollten, seit der historischen Zeit unverändert geblieben ist. Dort ist zugleich angegeben worden, dafs nach triftigen Gründen die Wärme der Thermalquellen nicht wohl von einer andern Ur-

1 S. Art. *Quellen*, Temperatur derselben. Bd. VII. S. 1085 und 1120.

sache, als der noch bestehenden Hitze in grössseren Tiefen, hauptsächlich in der Nähe noch brennender oder erloschener Vulcane, abgeleitet werden kann. Seitdem hat G. Bischof[1] diesen Gegenstand noch weiter verfolgt, die Temperaturen mehrerer Thermen näher bestimmt, den Einfluss, welchen die Kohlensäure auf ihre Wärme haben kann, durch fortgesetzte Versuche ausgemittelt und ist durch alles dieses in seinerfrüheren Meinung bestärkt worden, wonach die Kohlensäure nur einen geringen Antheil an der höheren Temperatur der Thermen haben kann und sie diese daher fast ganz allein der fortdauernden Wärme tieferer Erdschichten verdanken, ohne dass wir Ursache haben, zu chemischen Zersetzungen oder elektrischen Einwirkungen unsere Zuflucht zu nehmen. Bis soweit stimmt alles unter sich vollkommen zusammen; handelt es sich aber um die Hauptfrage, wie gross die Menge der Wärme sey, die hierdurch dem Innern der Erde entzogen und der umgebenden Atmosphäre zugeführt wird, so gelangt man bloss zu der Ueberzeugung, dass sie bei der allgemeinen Verbreitung der Thermen und der grossen Hitze vieler unter ihnen zwar absolut sehr gross, im Verhältniss zur Masse des ganzen Planeten aber nur sehr gering sey, weil eine leichte Berechnung zeigt, dass ein nur kleiner Berg von bedeutender noch andauernder Wärme hinreiche, um so starke und heisse Quellen, wie z. B. die Carlsbader, mehrere Tausende von Jahren ohne merkliche Abnahme zu erhitzen, wie oben[2] bereits angegeben worden ist.

149) Ein zweites Mittel, wodurch der Erde Wärme entzogen wird, ist das Wegschmelzen der Gletscher an ihrer unteren Fläche durch die Wärme des Bodens, worauf sie ruhn. Dass die Gletscher wirklich eine Verminderung durch diese Ursache erleiden, die zugleich das bekannte Herabsinken derselben bewirkt, ist bereits durch v. Horner[3] gezeigt worden; Bischof[4] folgert aus der Natur der Sache, übereinstimmend mit seinen eigenen Beobachtungen, dass dieses Wegschmelzen nur da geschehen könne, wo vermöge der Höhe, die er in den Alpen der Schweiz bis etwa 6200 Fuss annimmt, die

1 Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers. S. 2 ff.
2 S. Art. *Quellen*. Bd. VII. S. 1122.
3 S. Art. *Eis*, *Gletscher*. Bd. IV. S. 133.
4 Wärmelehre. S. 101.

Digitized by Google

Wärme des Bodens über 0° C. bleibt, indem weiter aufwärts nur in der wärmeren Jahreszeit ein Theil des Eises und Schnees von oben her durch den Einfluſs der Luft und der Hydrometeore schmilzt. Nach seiner Angabe liegt der gröſste Theil der Alpen-Gletscher unterhalb dieser Grenze, und wenn gleich diese Bedeckung die oberste Grenze des Bodens abkühlt und er somit die ihm nach der geographischen Breite und Höhe über dem Meeresspiegel zukommende Wärme nicht hat, so giebt eben der Unterschied dieser beiden Gröſsen das Maſs der Wärme an, die aus dem Boden abgegeben wird und zum Schmelzen des Eises dient, wenn gleich die wirkliche Temperatur, eben wegen der sofort zur Verwandlung des Eises in Wasser statt findenden Absorption, sich nicht merklich über 0° C. erhebt. Allerdings ist hierdurch ein Herabsinken der Wärme der äuſsersten Erdoberfläche nothwendig bedingt, wie denn überhaupt Gletscher die Temperatur der nächsten Umgebungen vermindern, allein in der Tiefe von einem oder etlichen Fuſsen kommt nach wirklichen, durch Bischof angestellten Messungen die normale Bodenwärme wieder zum Vorschein. Eine Bestimmung der Menge von Wärme, welche hierdurch der Erde entzogen wird, selbst eine nur annähernde, muſs aber stets unmöglich bleiben; denn obgleich es scheint, als könnte man diese aus der Quantität des Wassers, welche jährlich von einem Gletscher abflieſst, oder aus der Gröſse der geschmolzenen Eismasse bestimmen, so ist dieses doch unzulässig, nicht bloſs wegen der Schwierigkeit, eine genaue Maſsbestimmung hierüber zu erhalten, sondern auch weil in der wärmeren Jahreszeit eine Menge Wasser aus dem Eise in gröſseren Höhen und von atmosphärischen Niederschlägen unter die Gletscher dringt und dann unten wieder abflieſst, nicht gerechnet, daſs unter den Gletschern auch Thermen vorhanden seyn können und unter einigen erweislich vorhanden sind. Wegen dieser auf verschiedene Weise bedingten Ursachen flieſsen einige Gletscherbäche das ganze Jahr hindurch, in den kälteren Jahreszeiten aber mit verminderter Wassermenge. Wird dann als erwiesen angenommen, daſs der Boden unausgesetzt Wärme zum Schmelzen des Gletschereises abgiebt, so scheint hieraus nothwendig zu folgen, daſs durch fortdauernde Abnahme der Bodentemperatur die Masse der Gletscher stets zunehmen müsse. Hier kommen wir aber auf ein schwieriges Problem, indem

eine Menge Autoritäten für eine Vergröſserung derselben sich entscheiden, während andere, ebenso gewichtige das Gegentheil behaupten[1], deren Vergleichung und vorurtheilsfreie Prüfung zu dem Resultate führt, daſs bei statt findenden partiellen Vermehrungen und Verminderungen die Gesammtmasse der Gletscher im Ganzen unverändert bleibt. Auch hier finden wir daher, ungeachtet erwiesenen Wärmeverlustes der Erde, den Zustand des Gleichbleibens oder eine so langsame Veränderung, daſs sie während der historischen Zeit unmeſsbar blieb.

150) Eine sehr schwierige Frage ist die, ob die Wasser der Seeen und des Weltmeers Wärme vom Boden erhalten und diese der Oberfläche zuführen, von wo sie dann zur Dampfbildung verwandt an die Luft abgegeben und so dem Erdboden entzogen würde, wie G. Bischof[2] als erwiesen annimmt. Untersuchen wir zuerst diese Aufgabe rücksichtlich der Seeen, so habe ich darüber bereits[3] geäuſsert, daſs allerdings der wärmere Boden an das ihn berührende Wasser Wärme abgeben müſste, wenn nicht diese Quelle bei der Tiefe der Seeen durch die Länge der Zeit bereits erschöpft wäre. Bischof hat sich gegen die letztere Ansicht erklärt, und nimmt für diejenigen Orte, wo die Bodentemperatur höher ist, als diejenige, bei welcher das Wasser seine gröſste Dichtigkeit hat, eine stets fortdauernde Erwärmung der tiefsten Wasserschichten und ein daraus folgendes Aufsteigen derselben an, statt daſs an solchen Orten, wo die Bodenwärme geringer ist, die wärmeren oberen Schichten herabsinken und dem Boden Wärme zuführen, während an solchen Orten endlich, wo die Bodenwärme der des Wassers im Puncte der gröſsten Dichtigkeit völlig gleich ist, gar keine durch ungleiche Temperatur bedingte Strömung statt finden kann, welches auch da der Fall seyn muſs, wo die Temperatur der Luft sich in den verschiedenen Abschnitten des Jahres wenig ändert und die oberen Wasserschichten daher wegen ihrer groſsen Wärmecapacität nicht so weit erkalten, daſs dadurch ein Herabsinken dersel-

---

1 Die ausführliche Literatur hierüber findet man in Bischof's Wärmelehre. S. 131.

2 Wärmelehre. S. 138 ff.

3 S. Art. See. Bd. VIII. S. 741.

ben bewirkt würde, also unter der tropischen Zone. Hiernach kann die Annahme einer steten Abkühlung sich also nur auf Seeen unter mittleren Breitengraden und in solchen Höhen beziehn, wo die mittlere Bodentemperatur höher ist als diejenige, bei welcher das Wasser den Punct der gröfsten Dichtigkeit hat. Zur Auffindung der Menge von Wärme, welche der Boden solcher Seeen an das Wasser abgiebt, wodurch ein Aufsteigen desselben nach statischen Gesetzen veranlafst und dann ein Uebergang der überschüssigen Wärme an die Luft möglich gemacht würde, bezieht sich Bischof auf die oben §. 8 erwähnten, durch de la Rive und Marcet beim Bohren eines artesischen Brunnens in der Nähe des Genfersees erhaltenen Resultate. Dabei wurden in 680 Fufs Tiefe 13°,8 R. gefunden, und da die Tiefe des Sees 950 Fufs beträgt, so müfste die hier vorhandene Bodenwärme bei gleicher Zunahme mit wachsender Tiefe 16°,15 R. betragen. Da aber Saussure die Temperatur des Wassers in dieser Tiefe = 4°,32 R. fand, so wäre 16°,15 — 4°,32 = 11°,83 das Mafs der vom Boden abgegebenen Wärme, welches dann, sobald es sich von dem wirklich der Oberfläche zugeführten Quantum handelt, durch die Leitungsfähigkeit der den Boden bildenden Erd- und Felslager bedingt würde. Hieraus folgert Bischof, dafs noch fortdauernd durch das Aufsteigen des erwärmten Wassers vom Boden der Seeen auf gleiche Art ein Wärmeverlust der Erdkruste statt finde, als durch das Abschmelzen der Gletscher an ihrer unteren Fläche, und weist dann nach, in welchem Verhältnifs das auch von aufsen bald erwärmte, bald erkältete Wasser in Folge seines hierdurch bedingten specifischen Gewichtes abwechselnd aufsteigen oder niedersinken müsse.

151) Da einmal diese Frage in Anregung gebracht und meiner im Allgemeinen darüber aufgestellten Ansicht widersprochen worden ist, so erlaube ich mir eine nähere Prüfung des Thatsächlichen, woraus hervorgehn wird, dafs entweder gar kein Verlust von Erdwärme auf diesem Wege oder nur ein höchst unbedeutender statt finden kann, indem wirklich durch die Länge der Zeit ein gewisser Zustand des Gleichbleibens eingetreten seyn mufs. Wenn man als erwiesen annehmen darf, dafs die Temperatur des Wassers der Seeen mit der Tiefe abnimmt und dann eine Schicht von mehr als 100 F. Mächtigkeit folgt, wo die Temperatur unverändert bleibt, ein

aus fast allen Messungen hervorgehendes Resultat [1], so ist damit jene Behauptung schon auf die einfachste Weise bewiesen, denn man müſste nothwendig bei zunehmender Tiefe wieder auf eine Schicht von wärmerem aufsteigenden Wasser kommen, wenn ein Aufsteigen des am Boden erwärmten und dadurch specifisch leichter gewordenen statt fände. Zu dem nämlichen Resultate führt eine nähere Analyse des thatsächlichen Verhaltens. Wir wollen uns vorstellen, die Oberfläche des Wassers sey bis 0° C. erkaltet, so kann die Temperatur gar nicht oder nur unmerklich geringer werden; denn durch weiteren Wärmeverlust findet Eisbildung statt und das Wasser erhält eine in mehrfacher Beziehung schützende Decke. Zuerst wird die Verdampfung und die damit verknüpfte Bindung von Wärme vermindert, da das Eis weniger als das Wasser verdampft, zugleich aber ist das Eis ein schlechter Wärmeleiter, und endlich kann nur an der unteren Fläche der schon vorhandenen Decke weiteres Eis gebildet werden, durch dessen Entstehung jedoch für eine gleiche Masse Wasser 75° C. Wärme frei wird, die zwar durch das Eis, aber nur langsam, entweicht und daher der Dicke des entstehenden Eises eine bestimmte Grenze setzt; denn selbst in den ganz unwirthbaren Gegenden von Boothia Felix unter 70° N. B. erreichte das Eis auf der See nur 10 Fuſs und auf einem Teiche nur 11 Fuſs Dicke [2]. Indem aber das Wasser ein so auſserordentlich schlechter Wärmeleiter ist, wenn keine Strömungen in demselben nach statischen Gesetzen statt finden, so wird sich die Wärme der unteren Schichten nur äuſserst langsam den höheren mittheilen, und wir dürfen dreist annehmen, daſs die im Winter statt findende Abkühlung der Oberfläche nicht bis in eine Tiefe von 200 bis höchstens 300 Fuſs merkbar wird, ja sie würde auf diese Weise ihre Wirkung nicht einmal bis zu 100 Fuſs Tiefe merkbar machen, wenn wir dem Wasser kein stärkeres Leitungsvermögen als der Erde beilegen wollen, wozu wir gewiſs nicht berechtigt sind, und bei der Erde erstreckt sich der jährliche Wechsel der Temperatur nach den oben im zweiten Abschnitte enthaltenen Untersuchungen nur

1 Die wichtigsten Messungen findet man Th. VIII. S. 741. und oben §. 27.

2 S. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1695.

Digitized by Google

höchstens bis zu einer Tiefe von etwa 85 Fuſs. Das kältere Wasser unter dem Eise ist aber leichter, als das unter ihm befindliche wärmere, so lange die Temperatur des letzteren nicht über etwa 8° C. hinausgeht, erhält sich daher statisch über demselben, und die Winterkälte wird also nicht tief eindringen, diejenigen Wassertheilchen aber, die bei 3°,78 C. ihre gröſste Dichtigkeit erlangen, müssen allerdings herabsinken, allein nicht bis zu einer bedeutenden Tiefe, weil sie von den während des Sommers erwärmten Schichten sehr bald über den Punct der gröſsten Dichtigkeit hinaus und mit den etwas tiefer befindlichen Wassertheilen ins Gleichgewicht kommen. Während des Schmelzens des Eises findet ein gleiches Verhalten statt, unterdessen nimmt die Wärme der Luft zu, die Sonnenstrahlen wirken auf das Wasser und beide Ursachen bringen die oberen Schichten bald über den Punct der gröſsten Dichtigkeit hinaus, so daſs keine beträchtliche Quantität herabsinken kann, immer aber so viel, um die Temperatur der tieferen Lagen unter die mittlere der Orte, wo sie sich befinden, hinabzubringen. Ueberhaupt sinken zwar specifisch schwerere Flüssigkeiten in leichteren bald hinab und umgekehrt, wie sich beim *Passevin* zeigt, allein dieser Proceſs wird ausnehmend erschwert, wenn die Ungleichheit der Temperatur durch Schichten von groſser Mächtigkeit verbreitet ist und die einander berührenden einen kaum oder gar nicht meſsbaren Unterschied zeigen[1]. Wollen wir also die

---

1 Bischof hat zur Unterstützung seiner Meinung eine Reihe schätzbarer Versuche über das Wärmeleitungsvermögen des Wassers angestellt, indem er dasselbe in 6 Fuſs langen Röhren durch Eis erkältete oder durch eine Weingeistlampe erwärmte und die Zeit der Strömung mittelst Thermometer, eines unteren, eines oberen und eines mittleren, bestimmte. S. Wärmelehre S. 431 ff. Allein die angewandten Mittel der Erwärmung und Erkältung wirkten beide sehr energisch auf die unmittelbar getroffenen Wassertheilchen und die Ungleichheit der Temperatur schwankte zwischen den Extremen bei Anwendung des Eises von 10°,12 und 16°,5 C., dann von 12°,32 und 17°,25 und von 7°,25 und 12°,8 C., bei Anwendung der Weingeistlampe aber von 14°,05 und 18°,35, von 10°,75 und 26°,25 C., lauter höhere Temperaturen, bei denen die Dichtigkeit des Wassers sich schon stärker ändert; die mittlere Temperatur des Wassers der Seeen ist aber ungefähr = 5° C. und liegt also fast in der Mitte zwischen 0° und 8° C., wobei die Dichtigkeit des Wassers gleich und zwischen denen die Aenderung der Dichtigkeit am geringsten ist.

Digitized by Google

Thatsache, dafs die Temperatur der tiefen Seen bis zu einer gewissen Tiefe abnimmt, dann aber ein gewisses Minimum erreicht und von da an bis zu noch gröfseren, mehrere Hundert Fufs betragenden Tiefen nicht wieder wärmer wird, mit anerkannten Naturgesetzen in Einklang bringen, so müssen wir annehmen, dafs die Temperatur der untersten Schichten eben durch das Herabsinken des dichteren Wassers und das Aufsteigen des leichteren mit der Zeit in einen gewissen stabilen Zustand gebracht worden ist, nach welchem diese unter niederen Breiten der Bodentemperatur gleich oder nur wenig niedriger ist[1], mit zunehmender Polhöhe unter diese herabgeht, bis sie ihr bei 3°,78 oder etwa zwischen 3°,5 bis 4°,5 gleich ist, noch weiter nach Norden hin sie aber übertrifft, wonach dann zugleich die jährlichen Variationen sich nicht tiefer als bis auf etwa 100 bis 200 Fufs Tiefe erstrecken. Diese Ansicht läfst sich dadurch rechtfertigen, dafs ein feuchter Erdboden die Wärme vorzugsweise gut leitet; der Boden der Seeen mufste also gleich nach ihrem Entstehen dem herabsinkenden kalten Wasser seine Wärme mittheilen, und da dieses die erhaltene sofort mit sich in die Höhe nahm, andere kältere Massen aber an seine Stelle traten, dieser schnelle Wechsel ferner ohne Unterbrechung statt fand und obendrein dem Boden nie neue Wärme durch Sonnenstrahlen, wärmere Luft und Hydrometeore zugeführt wurde, so mufste er, wenn auch erst nach Tausend Jahren, in einen solchen mittleren Zustand kommen, dafs jetzt keine Wärme aus Tiefen dieses Bodens, wohin die jährlichen, ja man darf sagen die seculären Variationen reichen, den auf ihm ruhenden Schichten mehr mitgetheilt wird.

Wenden wir uns jetzt zur Beantwortung der Frage, ob die Erde noch gegenwärtig fortwährend einen Verlust ihrer

---

1 V. Humboldt Reisen Th. III. S. 131. fand die Temperatur des Wassers des Valencia-Sees in den Thälern von Aragua an der Oberfläche 0°,6 bis 1°,5 niedriger, als die der Luft, und hält dieses für eine Folge der Verdunstung; es kann aber auch daher rühren, dafs das durch irgend eine Ursache erkaltete Wasser sofort herabsinkt und dafs somit die ganze Masse durch diese oft wiederkehrende Wirkung etwas unter die Mitteltemperatur des Ortes herabgeht, wobei noch aufserdem das in die meisten Seeen sich ergiefsende kältere Wasser benachbarter Bergspitzen nicht ohne Einflufs bleiben kann.

Digitized by Google

ursprünglichen Wärme durch Abgabe eines Theils an das den Boden berührende Meerwasser erleidet, so fühlt man augenblicklich die noch ungleich gröfsere Schwierigkeit, hierüber nur mit einiger Wahrscheinlichkeit zu entscheiden. Fassen wir die Thatsachen zusammen, die über die Temperatur des Meeres und die vielen Strömungen in demselben am gehörigen Orte[1] beigebracht worden sind, so zeugt auf der einen Seite die mit der Tiefe abnehmende Temperatur und v. Horner's, wenn auch nicht allgemein richtige, doch für einzelne Orte nicht ganz unbegründete Annahme, dafs die Meere in einer gewissen Tiefe eine weiter herab nicht mehr abnehmende, aber auch nicht mehr wachsende Temperatur haben sollen, gegen ein fortdauerndes Aufsteigen des durch den Boden erwärmten Wassers; von der andern Seite aber lassen die unermefslichen Strömungen, wodurch unablässig enorme Massen kalten Wassers in warme Regionen und umgekehrt des warmen in die beeisten Polargegenden geführt werden, keiner Hoffnung Raum, dieses Problem jemals genügend zu lösen. Im Allgemeinen möchte ich annehmen, dafs durch die Wirkung dieser mächtigen Ursachen der Meeresboden, so wie der Grund der Seeen, bereits in einen solchen Zustand des Gleichgewichts gekommen sey, dafs er keine Wärme mehr abgiebt. Dabei darf aber die oben §. 131 angegebene Thatsache, dafs an einzelnen Stellen eine regelwidrige Wärme des Meeresbodens statt findet, wodurch namentlich das Wasser des Golphstromes seine übergrofse Temperatur mindestens zum Theil erhält und auch selbst bei Spitzbergen das Wasser eine unter gleichen Breiten sonst nicht vorkommende Wärme zeigt, nicht übersehn werden. Hierdurch wird allerdings ein Wärmeverlust der Erde erzeugt, allein dieser Procefs, welcher im Ganzen und bei weitem in den meisten Fällen mit vulcanischen Thätigkeiten zusammenhängt, gehört zu einer andern, sogleich zu untersuchenden Classe von Erscheinungen.

152) Niemand hat wohl in Abrede gestellt, dafs bei den vulcanischen Ausbrüchen, dem Aufsteigen unermefslicher Rauch- und Feuersäulen und dem Ausfliefsen mächtiger Lavaströme eine grofse Menge Wärme aus dem Innern der Erde zur Oberfläche gelange; ob aber hiermit eine eigentliche Abgabe von

---

1 S. Art. *Meer.* Bd. VI. S. 1656 ff. 1756 ff.

Digitized by Google

Wärme, ein wirklicher Verlust derselben von Seiten der festen Theile unsers Planeten verbunden sey, ist damit nicht nothwendig zugestanden. Müfste man annehmen, dafs die vulcanischen Verbrennungsprocesse auf chemischen Actionen beruhten und die zum Vorschein kommende Wärme nur aus dem latenten Zustande entbundene sey, so könnte nicht unmittelbar ein wirklicher Verlust dieses unwägbaren Agens gefolgert werden, vielmehr würde die Entscheidung hierüber zuvor der Lösung des schwierigen Problems über das eigentliche Wesen der freien und latenten Wärme anheimfallen und könnte dann auf jeden Fall hier nicht genügend erörtert werden. Wenn aber mit der überwiegenden Mehrzahl der Physiker angenommen wird, dafs die noch thätigen Vulcane als Schlünde zu betrachten sind, die bis zur noch glühenden Masse unserer Erde sich erstrecken, oder dafs vielmehr bis zu ihren Mündungen die noch fortdauernden Glühungsprocesse unserer Erde hinaufreichen, so ist keinen Augenblick in Abrede zu stellen, dafs hierdurch ein unermefslich grofser Wärmeverlust der tieferen Schichten unseres Planeten gegeben sey. Wie überwiegend bedeutend aber dieses Mittel einer allmäligen Abnahme der Temperatur unserer Erde seyn mag, so ist doch eine ausführliche Erörterung desselben weder nothwendig, noch auch nur einmal nützlich, denn die Thatsache selbst unterliegt keinem Zweifel, eine Bestimmung des Quantitativen der hierdurch frei werdenden Wärme setzt aber eine genauere Untersuchung der Menge noch brennender Vulcane und der Gröfse ihrer Thätigkeiten voraus, die einem eigenen Artikel vorbehalten bleibt[1], woraus sich dann ergeben wird, dafs auf diesem Wege selbst keine nur annähernd genauen Gröfsen zu erhalten sind. Hier darf jedoch die Bemerkung nicht übergangen werden, dafs nach einer überwiegenden Menge vorhandener Thatsachen die vulcanischen Thätigkeiten ehemals weit ausgebreiteter und grofsartiger gewesen seyn müssen, als gegenwärtig, dafs also nach Wahrscheinlichkeitsgründen eben hierdurch die äufsere Kruste unserer Erde umgewandelt worden sey, und dafs diese neben dem hierdurch erzeugten Verluste ihrer ursprünglichen hohen Temperatur ihre jetzige veränderte Gestalt und die mittlere Wärme an den verschiedenen

---

1 S. *Vulcane.*

Digitized by Google

Orten erhalten habe. Nicht ohne Grund könnte dann hieraus gefolgert werden, dafs durch dieses grofse, an Intensität stets abnehmende Mittel eine so lange fortdauernde allmälige Verminderung der Erdwärme nothwendig bedingt sey, als noch vulcanische Actionen vorhanden sind, wenn auch eine so langsame, dafs deren Wirkungen erst aus genauen Messungen nach Jahrhunderten oder eigentlicher Jahrtausenden merkbar werden könnten.

153) Als letztes Mittel, wodurch unserer Erde Wärme entzogen wird, sind die zahlreichen und beträchtlichen Gas-Exhalationen genannt worden. Die aufsteigenden Gase sind meistens Kohlensäure, die in der Nähe noch thätiger oder erloschener Vulcane theils mit Wasser, an welches diese Säure gebunden ist, theils frei, häufig rein, zuweilen mit salzsaurem Gas und Schwefelwasserstoffgas gemengt, in wahrhaft ungeheurer Menge in allen Gegenden der Erde emporkommt. Wenn man das gleichfalls in beträchtlicher Menge, namentlich in manchen Quellen, aufsteigende Stickgas von atmosphärischer Luft ableitet, welcher durch chemische Processe in der Tiefe ihr Sauerstoffgas entzogen worden seyn müfste, so fragt sich hauptsächlich, welchen Ursprung die unermefsliche Menge von Kohlensäure hat, deren Entstehen aus begreiflichen Gründen die Aufmerksamkeit der Naturforscher stets vorzugsweise erregte. Am natürlichsten ist es wohl, sie aus Kalkgebilden abzuleiten, aus denen sie durch chemische Mittel oder durch Hitze ausgeschieden werden müfste. Bischof[1], welcher diese Aufgabe ausführlich untersucht und die bekannten Thatsachen durch eigene Beobachtungen und selbst auch Versuche vermehrt hat, entscheidet hierüber nicht mit absoluter Bestimmtheit, neigt sich aber überwiegend zu der Meinung hin, dafs die noch dauernde Hitze im Innern der Erde sie da frei mache, wo ein vorhandener Ausweg ihre Entweichung durch Aufhebung des sie zurückhaltenden Druckes gestatte. Wichtig sind in dieser Beziehung seine Versuche, aus denen hervorgeht, dafs die durch Glühhitze aus Kalksteinen entbundene Kohlensäure keine bedeutende Wärme zeigt, indem die zum Austreiben derselben verwandte Hitze zur Erzeugung ihrer Gasform dient. Wenn nun das Vorkommen der Gasexhalationen bei weitem in den

1 Wärmelehre u. s. w. S. 317 ff.

meisten Fällen an solchen Orten, die sichtbare Spuren noch thätiger oder erloschener Vulcane zeigen, auf jeden Fall die auch durch sonstige Gründe unterstützte Hypothese sehr wahrscheinlich macht, wonach die Kohlensäure durch die noch fortdauernde Glühhitze im Innern der Erde entbunden wird, woraus die ungeheure Menge derselben allein erklärlich seyn dürfte, so läfst sich zugleich nicht verkennen, dafs durch diesen Procefs auf jeden Fall der Erde eine unermefsliche Menge von Wärme entzogen wird, welche, wenn auch nicht verschwunden, doch als gebunden in der Kohlensäure vorhanden ist[1].

154) Die Ursachen, welche eine Veränderung der bestehenden mittleren Temperatur der verschiedenen Orte bedingen, erscheinen nach den bisherigen Betrachtungen sehr wirksam, wenn gleich kein absolutes Mafs ihrer Gröfse aufzufinden ist;

---

1 Brongniart in Poggend. Ann. XV. 470. aus Ann. des Sc. nat. T. XV. p. 225. glaubt, die grofsen Lagen von Steinkohlen und Braunkohlen seyen aus der früher in ungleich gröfserer Menge vorhanden gewesenen Kohlensäure entstanden, die sich erst habe ablagern müssen, um die Atmosphäre für warmblütige Thiere athembar zu machen, Bischof aber, welcher die gegenwärtige Bildung der als Mofetten aufsteigenden Kohlensäure von der Bildung vulcanischer Massen auf Kosten des kohlensauren Kalkes ableitet, schliefst hieran die Hypothese, dafs früher bei viel gröfserer Ausbreitung vulcanischer Thätigkeiten eine ungleich gröfsere Menge entbundener Kohlensäure aufgestiegen seyn müsse, deren Kohlenstoff zur Bildung der unermefslichen Lagerungen von Kohlen aus der Vorwelt das Material hergegeben habe. In Beziehung hierauf müfsten wir jedoch annehmen, dafs die ursprünglich zur Erde gehörigen Kalktheile, ungeachtet der Glühhitze der Gesammtmasse und ihres feurig flüssigen Zustandes, selbst bis zur Oberfläche hin kohlensauer gewesen wären. Wollte man statt dessen die Existenz einer ursprünglich vorhandenen überwiegenden Menge von Kohlenstoff annehmen, so liefse sich, wegen Ungewifsheit des Ganzen, auch diese Hypothese nicht wohl widerlegen. Eine interessantere Betrachtung dürfte die seyn, dafs ungeachtet der aufserordentlichen Menge von stets aus der Erde aufsteigender Kohlensäure und der grofsen Quantität, die noch täglich durch Verbrennung der Pflanzenreste vorweltlicher Zeiten erzeugt wird, das constante Verhältnifs der Kohlensäure und des Sauerstoffgases keine Aenderung erleidet. Die Natur im Grofsen hat, wie man hieraus sicht, noch unbekannte Mittel, den bestehenden Zustand des Gleichgewichts dauernd zu erhalten, und es dürfte ein Gleiches auch in Beziehung auf die Unveränderlichkeit der Temperatur statt finden.

Digitized by Google

ob sie aber in Beziehung auf die Gröfse unserer Erde noch für so bedeutend zu halten sind, dafs sie in mefsbarer Zeit eine merkliche Veränderung hervorzubringen vermöchten, darüber hat Bischof[1] gleichfalls eine Reihe schätzbarer Untersuchungen angestellt, die hier noch erwähnt werden müssen. Da der Basalt zu den Hauptbestandtheilen gehört, welche durch vulcanische Kräfte emporgehoben worden sind, hauptsächlich wenn man die nahe Uebereinstimmung desselben mit den Laven berücksichtigt, die Hypothese also sehr nahe liegt, dafs der ganze Erdkern der Hauptsache nach aus basaltartiger Masse bestehe, so war es wohl am meisten sachgemäfs, die Abkühlungsgesetze bei grofsen geschmolzenen Basaltkugeln zu untersuchen, um von diesen auf die Abkühlung unserer Erde zu schliefsen. Die für diesen Zweck angestellten Versuche sind um so schätzbarer, als sie grofse Hülfsmittel erfordern, die nur wenigen Physikern zu Gebote stehn, und das Publicum mufs daher beiden, sowohl G. Bischof, als auch seinem Freunde Althaus, Dank wissen, dafs sie die schwierigen Experimente auf der Saynerhütte glücklich zu Stande brachten und Basaltkugeln von 21 und 27 rheinl. Zoll Durchmesser mit eingesenkten Löchern gossen oder Vertiefungen bohrten und dann mit hineingebrachten Thermometern die Zeiten der Erkaltung bestimmten. Uebergehn wir verschiedene beiläufig gefundene Resultate, z. B. die Bestimmung des Schmelzpunctes beim Basalte, welche über die des Kupfers, also über 1400° C. hinausgeht, und einige andere, die hauptsächlich für Geologen Interesse haben, so beruht die Lösung des eigentlichen Problems darauf, dafs man sich erlaubt, von der Zeit, welche eine solche Kugel bedarf, um von der Glühhitze zu einer mittleren Temperatur, nicht viel höher als die der Umgebung, herabzukommen, auf diejenige Zeit zu schliefsen, während welcher die ungleich gröfsere Erde von ihrem ehemaligen Schmelzpuncte zu ihrem jetzigen Zustande gelangt ist und in der Zukunft gänzlich erkalten würde. Aus den Versuchen folgte, dafs die Erkaltungszeiten bei der Basaltkugel eine geometrische Reihe bilden. Bischof argumentirt dann, dafs, wenn nach La Place die Rotation der Erde seit Hipparch, also seit 1977 Jahren, sich noch nicht um 0,01 Secunde geändert

1 Wärmelehre u. s. w. S. 448 ff.

habe, ihre mittlere Temperatur von ihrer damaligen jetzt um nicht $0^{0},4$ verschieden seyn könne. Wird dann mit Fourier eine Temperatur-Verminderung von $0^{0},024$ R. und die Wärme des Himmelsraumes zu $-45^{\circ},6$, die mittlere Temperatur unter dem Aequator aber $= 22^{\circ}$ R. angenommen, so war der Temperatur-Ueberschuſs der Erde unter dem Aequator über den des Himmelsraumes zu Hipparch's Zeiten $= 67^{\circ},624$ und ist jetzt noch $= 67^{\circ},6$ R., der Exponent des Verhältnisses der Erkaltung der Erde während 1977 Jahren ist also

$$= \frac{67,624}{67,6} = 1,000355.$$

Nehmen wir diesen Zeitraum als Einheit an und suchen daraus, wie lange es dauern müsse, bis die Erde um 1° R. erkalten könne, so ergiebt sich aus

$$\frac{67,624}{66,624} = 1,015 = 1,000355^{x}$$

$x = 41,9$, also $41,9 \times 1977 = 82836$ Jahre für eine Wärme-Abnahme von 1° R. unter dem Aequator. Die Zeitdauer, bis die Erde unter dem Aequator nur noch $0^{\circ},01$ Ueberschuſs über die Wärme des Himmelsraumes haben oder eigentlicher gänzlich erkaltet seyn würde, betrüge auf gleiche Weise berechnet

$$\frac{67,624}{0,01} = 6762,1 = 1,000355^{x},$$

also von Hipparch's Zeiten an $24838,5 \times 1977 = 49105914$ Jahre. Interessanter als dieses Resultat ist es wohl, zu berechnen, wie lange Zeit verflossen seyn müsse, bis die Temperatur unter mittleren Breiten von der ehemaligen äquatorischen $= 22^{\circ}$ R. bis zur jetzigen $= 8^{\circ}$ R. angenommen herabsinken konnte, wenn man voraussetzen wollte, daſs zur Zeit der Entstehung der ältesten Steinkohlenlager in den gemäſsigten Zonen äquatorische Wärme geherrscht habe. Man erhält dann aus

$$\frac{67,6}{53,6} = 1,2611 = 1,000355^{x}$$

einen Zeitraum von $653,4 \times 1977 = 1291772$ Jahren[1].

---

1 Bischof findet vermittelst einer andern Art der Berechnung, deren Mittheilung hier zu viel Raum erfordern würde, die Zeit der

Digitized by Google

155) Bischof verkennt ebenso wenig, wie gewifs jeder Andere, die Unsicherheit aller bei diesen Berechnungen zum Grunde liegenden Gröfsenbestimmungen, und nennt in dieser Beziehung namentlich die angenommene Temperatur des Weltraumes, die nach neueren Messungen einer noch gröfseren Kälte im hohen Norden ohnehin sehr problematisch geworden ist, und die an sich ganz hypothetische Bestimmung der seit Hipparch's Zeiten bis jetzt wirklich statt gefundenen Abkühlung unserer Erde. Es kommen jedoch noch sehr viele anderweitige Bedingungen in Betrachtung, die es ganz unmöglich machen, solche Versuche anzustellen, deren Resultate sich unmittelbar auf die Abkühlung unserer Erde anwenden liefsen. Die Basaltkugel lag zwar nur auf drei Stützpuncten, allein diese waren mit der Erde in Verbindung, und aufserdem war sie von unablässig strömender Luft umgeben; aus den gefundenen Gesetzen ihrer Abkühlung läfst sich daher leicht auf die Erkaltung grofser Basaltberge und Lagen von Lava eine Anwendung machen, wie durch Bischof geschehn ist, nicht aber auf die allmälige Erstarrung unserer Erde, die im Ganzen genommen im leeren Raume schwebt, wobei also fraglich ist, ob das von Gay-Lüssac aufgefundene Gesetz, dafs in diesem sich überhaupt keine Wärme befindet, mithin auch keine in denselben übergehn kann, auf diesen Fall Anwendung leidet. Die Bestimmung hierüber hat dann weiter Einflufs auf die Zulässigkeit der sogenannten Strahlung, und es fragt sich ferner, ob die durch die Sonnenstrahlen erregte und die aus dem Innern der Erde durch die angegebenen Mittel zum Vorschein kommende Wärme als eine wirkliche Vermehrung der vorhandenen Menge derselben oder als ein bloſser Wechsel zwischen Bindung und Freiwerdung von Wärme zu betrachten sey. Im nächsten Zusammenhange hiermit ist dann ferner die Frage, ob die bei der Reduction und Abkühlung der äufseren Erdkruste entwichene Wärme wirklich verloren oder nur in einen gebundenen Zustand versetzt worden sey, wie unter andern in einem grofsen Mafsstabe der Fall seyn mufste, wenn die grofse Quantität des Wassers auf unserer Erde durch

Abkühlung unserer Erde von 230°,4 R. bis zu 0°,01 über die Temperatur des Weltraumes = 353 Millionen Jahre. Die Abweichung beider Resultate von einander ist eine Folge der unsichern Gröfsen, die bei der Berechnung zum Grunde liegen.

Vereinigung seiner beiden Bestandtheile gebildet worden wäre, da die spec. Wärmecapacität des Wassers so grofs ist, dafs beide Bestandtheile, bei der Siedehitze zu Wasser vereinigt, einen Wärmeverlust von ungefähr 40° C. erleiden. Wenn man überhaupt den stationären Zustand der Wärme unserer Erde seit der historischen Zeit streng ins Auge fafst und so manche andere Erscheinungen damit verbindet, die allgemein bekannt und zahllos oft beobachtet, aber ihrer scheinbaren Einfachheit ungeachtet noch bei weitem nicht genügend erklärt worden sind, wohin ich vor allen andern diejenigen rechne, die man auf die Wärmestrahlung gegen den leeren Himmelsraum zurückzubringen pflegt, wonach bald die Erdoberfläche ein stärkeres Strahlungsvermögen haben mufs, um die Thaubildung zu erklären, bald den höheren Schichten der Atmosphäre ein solches zugeschrieben wird, denen alle Tage unausgesetzt unter niederen Breiten und im Sommer unter mittleren und hohen eine unermefsliche Quantität erhitzter Luft zuströmt, ohne dafs diese die grimmige Kälte daselbst aufzuheben vermag, ganz den gewöhnlichen Erfahrungen zuwider, wonach in eingeschlossenen Räumen von willkürlicher Höhe die obersten Schichten gerade die wärmsten sind, wohin ferner gerechnet werden mufs, dafs unermefsliche Meeresströme seit Jahrtausenden die stark erwärmten äquatorischen Fluthen mit denen der Polarzonen mischen, ohne dafs es ihnen gelungen ist, das Eis der letzteren zu schmelzen, so wie Millionen Kubikmeilen Luft aus niederen Breiten stets nach den Polen hinströmen und dennoch tief erkaltete von dort den Ländern der gemäfsigten Zone erstarrende Kälte zuführen, ja dafs die Erdoberfläche sofort erkaltet, sobald nur eine Wolke oder irgend ein beschattender Gegenstand die unmittelbar auf sie fallenden Sonnenstrahlen auffängt, wie denn auf gleiche Weise im Winter die erzeugte Wärme so bald entflieht, um erst im Sommer wiederzukehren; wenn wir alle diese und damit verwandte Räthsel zu lösen versuchen, so bietet sich eine zwar kühne, aber nach gewissen Modificationen dennoch vielleicht nicht ganz verwerfliche Hypothese dar, deren Elemente sich kurz darstellen lassen. Hiernach müfsten wir annehmen, dafs die Wärme der Erde an diese Kugel gebunden sey, wie sie an jeden sonstigen Körper gebunden zurückgehalten wird, die Erde aber nicht verlassen könne, weil sie in den leeren

Raum überzugehn überhaupt nicht vermag, in Folge dessen also die Grenze der Atmosphäre dahin fallen müfste, wo die Grenze der Wärmesphäre ist, weil über diese hinaus keine Expansion mehr statt findet. Wir hätten demnach ein Sphäroid des Wärmestoffes, wie der Luft und der Erde selbst, ein Sphäroid von gröfster Dichtigkeit in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche der Erde[1] und von stark abnehmender, sobald wir uns über die letztere erheben, wobei die Ungleichheit der Temperaturen unter verschiedenen Polhöhen durch den erregenden Einflufs der Lichtstrahlen (neben andern unbedeutenden Ursachen) bedingt würde und verschiedene Oscillationen durch den Conflict der Wärme anziehenden Kraft der Erde und der ihr entgegenwirkenden Erregung durch die Sonnenstrahlen statt fänden, ohne jedoch das Gleichgewicht des Ganzen zu stören. Eigentlich sind dieses alles nur Thatsachen; die Schwierigkeit liegt aber darin, ihre Nothwendigkeit als Folge der Gesetze über das Verhalten des Wärmestoffes genügend nachzuweisen, was künftigen Zeiten vorbehalten bleibt.

M.

Temperatur der Erde.

Von der Temperatur der Oberfläche sowohl als auch des Innern der Erde ist zwar schon oben[2] das Vorzüglichste gesagt worden, doch wurde die umständliche Erörterung dieses wichtigen Gegenstandes dem Artikel *Temperatur* und *Klima* vorbehalten. Indem wir dieser Zusage hier nachzukommen suchen, wollen wir zuerst die Theorie des vorzüglichsten Schriftstellers, der sich in den neueren Zeiten mit der Lösung dieses Problems beschäftigt hat, in einer gedrängten Uebersicht darstellen, so weit dieses ohne unmittelbare Anführung der vielen analytischen Ausdrücke geschehen kann, welche er seinen Untersuchungen zu Grunde gelegt hat. Ein Theil dieser Theorie ist bereits erwähnt und selbst mit einer kritischen Be-

1 Nach dem specifischen Gewichte der Erde zu schliefsen, kann die Wärme ihr Maximum nicht wohl im Mittelpuncte der Erde haben. Vergl. §. 8.

2 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 970.

leuchtung begleitet worden, die aber hier vorerst aufser unsern Gesichtskreis fällt, da es uns nur um eine gedrängte Darstellung der Ansichten dieses Schriftstellers zu thun ist, die rein und klar zu kennen jedem Physiker und Geologen von Interesse seyn mufs.

A. Fourier's Theorie.

Die vorzüglichsten Resultate seiner mit seltener Gewandtheit und grofsem Scharfsinn angestellten Untersuchungen über die Bewegung der Wärme in soliden Körpern hatte Fourier schon im J. 1811 dem Institut von Paris mitgetheilt. Seit dieser Zeit machte er beinahe in jedem Jahre die Ergebnisse seiner weiteren Prüfung dieses Gegenstandes sowohl in den Memoiren dieses Instituts, als auch in Zeitschriften[1] bekannt. Endlich sammelte er diese Untersuchungen zu einem Ganzen in seinem berühmten Werke *Théorie analytique de la chaleur,* das auch durch die vielen und wesentlichen Bereicherungen merkwürdig ist, die der Verfasser desselben im Felde der höheren mathematischen Analyse gemacht hat. Die wichtigen Probleme der Physik sowohl als auch der Mathematik, die hier aufgelöst erscheinen, haben Laplace, Cauchy, Poisson u. A. veranlafst, sich mit demselben Gegenstande zu beschäftigen, und der Letzte besonders ist als eigentlicher Gegner der von Fourier aufgestellten Theorie aufgetreten. Die gelehrten Discussionen Poisson's und Fourier's dauerten mehrere Jahre und wurden zuweilen nicht wenig lebhaft.

Fourier kommt bei diesen seinen Untersuchungen über die Bewegung der Wärme in festen Körpern bekanntlich auf zwei verschiedene Gattungen von Gleichungen. Die einen sind sogenannte zweite Differentialgleichungen und beziehen sich blofs auf das Innere der Körper, während die anderen nur Differentialien der ersten Ordnung enthalten und sich auf die Oberfläche dieser Körper beziehn. Die ihm eigene Methode, diese beiden Gattungen von Gleichungen zu integriren, besteht in der Darstellung der Functionen durch unendliche Reihen, deren Glieder die Sinus und Cosinus der veränderlichen Stamm-

---

1 In den Annales de Phys. et de Chimie. T. XIII bis XXVII.

größse enthalten. Die Coefficienten dieser trigonometrischen Glieder sind gegebene Zahlen, wenn der Werth der erwähnten Reihe für alle Fälle constant bleiben soll, und sie sind im Gegentheil bestimmte Integrale, wenn diese Reihe, die schon ihrer Form wegen immer convergent ist, eine willkürliche Function darstellen soll. Da aber ein solches bestimmtes Integral im Allgemeinen nicht voraussetzt, dafs die Function unter dem Integrationszeichen continuirlich ist, so sieht man, dafs durch solche Reihen von Sinus und Cosinus selbst ganz discontinuirliche Functionen ausgedrückt werden können. Uebrigens ist, sofern diese Gleichungen auf die Bewegung der Wärme angewendet werden, jedes Glied dieser Reihen mit einer Exponentialgröfse afficirt, die mit der Zeit sehr schnell abnimmt, so dafs man in der Anwendung immer schon mit den ersten Gliedern dieser Reihen ausreichen kann. Dieses ebenso sinnreiche als fruchtbare Mittel wendet Fourier auf die Bewegung der Wärme in verschiedenen Körpern an, auf ein Rechteck von dünnem Metall, auf eine prismatische Stange, auf einen kreisförmigen Ring, auf eine solide Kugel, auf einen Cylinder, dessen eines Ende immer in derselben Temperatur erhalten wird, und endlich auch auf solche Körper, deren eine Dimension unendlich grofs ist. Das letzte Beispiel besonders giebt dem Verfasser Gelegenheit zu seiner schönen Entwickelung der Reihen in bestimmte Integrale und diese Entwickelung ist es, die ihn auf die merkwürdigen Resultate geführt hat, die er in dem genannten Werke über den Gang der Temperatur im Innern der Erde aufgestellt hat.

Nach seiner Theorie schickt ein erwärmter materieller Punct immerwährend und nach allen Richtungen seine Wärme aus. Ist der Punct im leeren Raume, so sendet er diese Wärme ganz frei und ungehindert aus und die Intensität dieser Wärme ist, in jedem Puncte ihres Weges, dem Quadrate des bereits zurückgelegten Wegs verkehrt proportionirt. Wenn aber dieser erwärmte Punct ein innerer Punct eines festen Körpers ist, so schickt er zwar auch seine Wärme nach allen Richtungen aus, aber seine Wärmestrahlen erlöschen bald und zwar schon in sehr kleinen Distanzen von diesem Puncte. Diese Distanzen hängen von der Natur der Materie ab, aus welcher der Körper besteht, von der Temperatur u. dgl. Wenn endlich der erwärmte Punct auf der Oberfläche eines

Digitized by Google

festen Körpers ist, so verliert er diese Eigenschaft der Wärmeausstrahlung entweder ganz oder doch zum Theil und nimmt dafür eine andere an, nämlich die, jene Strahlen zu reflectiren, die ihm von anderen, inneren oder äufseren Puncten, des Körpers zugeschickt werden. Dieses vorausgesetzt wird also ein auf einen gewissen Grad erwärmter Körper M, in der Nähe anderer ungleich erwärmter Körper, diesen anderen Wärme zusenden oder von ihnen Wärme erhalten. Allein die Wärme, welche ein unendlich kleines Element w der Oberfläche des Körpers M aussendet, besteht aus zwei Theilen, nämlich erstens aus derjenigen Wärme, die aus dem Innern des Körpers M kommt und das Element w in allen Richtungen durchkreuzt, und zweitens aus der, welche die umgebenden äufsern Körper auf das Element w senden und welche dann von diesem Elemente nach dem bekannten Gesetze reflectirt wird, dafs der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist. Beide Theile zusammengenommen nennt Fourier die *ganze ausgeschickte Wärme* (*la chaleur totale émise*), die auch aus der vollständigen Wärmestrahlung des Körpers kommt, während er diejenige Ausstrahlung, die blofs von der dem Körper selbst inwohnenden Wärme kommt, schlechthin *Ausstrahlung* (*rayonnement*) oder auch *eigenthümliche Ausstrahlung* (*émission totale*) heifst. Ueberdiefs läfst aber auch noch das Element w alle diejenige Wärme in den Körper M übergehn, die von aufsen auf das Element kommt und von dem Elemente nicht reflectirt wird, und dieses wird die *absorbirte Wärme* genannt, wobei vorausgesetzt wird, dafs dabei keine Wärme eigentlich verloren geht, sondern dafs die reflectirte und die absorbirte Wärme des Elements w eine Summe bildet, die immer gleich ist der ganzen auf dieses Element von aufsen gekommenen Wärme. Die erste, die reflectirte Wärme, wird in einer bestimmten Richtung von dem Elemente wieder ausgesendet, die zweite aber, die absorbirte Wärme, wird ein integrirender Theil der ganzen Wärme des Körpers M, und sie kann von diesem Körper wieder nach allen Richtungen ausgesendet und auch durch ganz andere Elemente des Körpers ausgesendet werden, als die sind, durch welche sie in den Körper gedrungen ist. Alle diese Grundlagen werden von Fourier als ebenso viele Axiome betrachtet, auf die er seine Theorie von der Wärme erbaut.

Digitized by Google

In seiner Anwendung dieser Theorie auf die Wärme des Erdkörpers, die hier der Gegenstand unserer Untersuchungen ist, leitet er diese Wärme zuerst aus drei Quellen ab: I) die Erwärmung der Erde durch die Sonnenstrahlen, II) die Theilnahme der Erde an der Temperatur des Weltraums und III) die ursprüngliche Hitze ihres Inneren. Die erste unterliegt keinem Zweifel, die zweite ist von Fourier, unseres Wissens, zuerst aufgestellt werden, und die dritte endlich wurde früher von Büffon vertheidigt und ist jetzt, aller bisherigen Gegenreden ungeachtet, als unabweisbar beinahe allgemein angenommen. Wir wollen sie nach der Reihe näher betrachten.

I) Erwärmung der Erde durch die Sonne.

Die Sonnenstrahlen bringen auf die Erde eine zweifache Wirkung hervor. Die eine derselben ist periodisch und betrifft nur die äufsere Einhüllung der Erde; die zweite aber ist constant und zeigt sich erst in einer Tiefe von nahe 30 Meter unter der Oberfläche der Erde. Die Temperatur jener äufseren Einhüllung, jener obersten Rinde der Erde, befolgt tägliche sowohl, als auch jährliche Variationen, und diese Variationen sind desto beträchtlicher, je mehr man sich in dieser Rinde der Oberfläche der Erde nähert. Die Temperatur sehr tiefer Orte im Innern der Erde ist für denselben Ort constant, aber sie wird für dieselbe Tiefe immer kleiner, je mehr man sich den Polen nähert. Die Anwesenheit der Luft über und des Wassers auf der Oberfläche der Erde macht die Vertheilung der Sonnenwärme gleichförmiger, als sie ohne diese beiden Ursachen seyn würde. Die Luft wird von immerwährenden Winden und der Ocean von regelmäfsigen und weit verbreiteten Strömungen, so wie von der täglich wiederkommenden Ebbe und Fluth bewegt. Von denjenigen Sonnenstrahlen, die auf der Erde ankommen, durchziehen die einen die Atmosphäre und die Gewässer der Erde, die andern werden von diesen beiden Flüssigkeiten aufgefangen und einige endlich werden wieder in den Weltraum zurückgeworfen. Dieser unendliche Raum ist der Sammelplatz aller der Wärme, die seit dem Anfange aller Dinge von allen himmlischen Körpern ausgeströmt ist, von den dunkeln Planeten sowohl, als auch von den leuchtenden Sonnen, da beide Arten von Him-

Digitized by Google

melskörpern ohne Zweifel eine primitive Wärme besessen haben, die sich mehr oder weniger in ihrem Innern erhalten hat, je nach der Ausdehnung (dem Volumen) dieser Körper, nach der Leitungsfähigkeit ihrer Massen und nach der Beschaffenheit ihrer Oberfläche. Die Erde z. B. hat gewifs in der Nähe ihres Mittelpuncts eine Temperatur, welche die ihrer Oberfläche weit übertrifft, weil man, je näher man zu diesem Mittelpuncte herabsteigt, immer auch eine gröfsere Hitze im Innern der Erde findet. Nach den bisherigen, noch etwas unvollkommenen und allerdings noch nicht in solchen Tiefen, die gegen den Halbmesser der Erde beträchtlich genannt werden können, angestellten Beobachtungen kann man die Zunahme der Temperatur für eine Vertiefung von 32 Meter gleich einem Grad des hunderttheiligen Thermometers schätzen.

Wenn man die Wirkungen dieser dreifachen Wärmequelle für die Erde genauer untersucht, so findet man, dafs diese Wirkungen sich so verhalten, als ob jede einzeln für sich ohne die beiden anderen existirte, so dafs man also nur die Summe dieser einzelnen Wirkungen zu nehmen braucht, um die Totalwirkung aller zu erhalten. Dieses geht aus den mathematischen Gesetzen der Bewegung der Wärme, so wie auch aus dem bekannten allgemeinen Princip der Differentialrechnung unmittelbar hervor. Wenn man in eine Tiefe von nahe 40 Meter unter die Oberfläche der Erde herabsteigt, dort wo die Temperatur anfängt constant zu werden, so sieht man, dafs in diese tiefen Orte die Wärme von zwei einander entgegengesetzten Seiten zusammenfliefst. Die Sonne giefst nämlich zuerst ein gewisses Mafs von Wärme in diese Orte aus, dessen Gröfse vorzüglich von der Breite des Ortes abhängt. Aber auch vom Mittelpuncte der Erde wird eine bestimmte Quantität Wärme dahin geschickt, nur eine sehr geringe und hier noch kaum bemerkbare, daher man sie auch in diesen Tiefen noch ganz übersehn oder weglassen kann. Die erste oder die Sonnenwärme ist es also beinahe ganz allein, die sich in diesen Tiefen unter der Erde anhäuft und sich immerwährend erneuert. In der Nähe des Aequators dringt diese Wärme am tiefsten in die Erde ein und fliefst von da allmälig gegen die beiden Pole ab. Steigt man aus diesen Tiefen von 40 Metern näher gegen die Oberfläche der Erde, so werden allmälig jene *Variationen* der Temperatur bemerkbar,

Digitized by Google

die dem Laufe der Sonne folgen und daher eine *jährliche*, mit den vier Jahreszeiten regelmäfsig wiederkommende Periode haben. Noch höher hinauf, zwei oder drei Meter unter der Erdoberfläche, bemerkt man endlich, nebst jenen jährlichen, auch *tägliche* Variationen der Erdwärme, und diese letzten sind um so gröfser, je näher man der Oberfläche der Erde kommt. Die Amplitüde oder die Ausdehnung jener jährlichen Variationen, d. h., die Differenzen zwischen der gröfsten und kleinsten jährlichen Temperatur sind desto geringer, je tiefer man unter die Oberfläche herabsteigt. Die verschiedenen Puncte derselben Verticale, die man von der Oberfläche gegen den Mittelpunct der Erde herabläfst, kommen nicht alle in derselben Zeit zu diesen beiden Extremen ihrer Temperatur, aber dessenungeachtet ist, für einen und denselben Punct dieser Verticale, die mittlere jährliche Temperatur dieses Punctes eine *constante* Gröfse. Diese constante Gröfse ist nämlich die oben erwähnte *beständige* Temperatur der tiefliegenden Orte. Dieses Resultat der Analyse, was von den Beobachtungen bestätigt wird, ist sehr merkwürdig, da man, um es zu erhalten, von der innern Wärme des Erdkerns und von allen den andern Einflüssen abstrahirt hat, die es vielleicht mannigfaltig modificiren könnten, von denen aber unsere Kenntnisse bisher nur noch sehr unvollkommen sind.

Wenn die Rotationsgeschwindigkeit der Erde um ihre Axe gröfser oder wenn unser Tag kürzer wäre, als er gegenwärtig ist, so würden die beobachteten täglichen Variationen der Wärme nicht in so grofse Tiefen dringen, wie jetzt, sondern näher an der Oberfläche liegen. Ebenso würde es sich mit den jährlichen Variationen verhalten, wenn der Umlauf der Erde um die Sonne geschwinder, d. h., wenn die Länge unseres Jahres kürzer werden sollte. Und ganz zu denselben Resultaten würde man auch gelangen, wenn zwar die Länge des Tages und die des Jahres dieselben blieben, wis sie jetzt sind, wenn aber dafür die Leitungsfähigkeit der Massen, die jetzt die Erdoberfläche bilden, geringer wäre. Bei gleicher Leitungsfähigkeit aber müssen, wie es schon für sich klar ist, die Tiefen, in welchen jene jährlichen und täglichen Variationen aufhören bemerkbar zu seyn, mit ihrer Periode wachsen und mit ihr abnehmen, wie denn auch die Rechnung zeigt, dafs jene Tiefe unter der Erdoberfläche der Quadrat-

wurzel aus dieser Periode (des Tags oder des Jahrs) proportional ist. Daraus wird zugleich erklärt, warum die täglichen Variationen der Wärme nur etwa auf den 19ten Theil der Tiefe eindringen, welche die jährlichen einnehmen. In der That ist die Länge des siderischen Jahres gleich 365,2564 mittleren, das heifst, gleich 366,2564 Sterntagen und von der letztern Zahl ist die Quadratwurzel gleich 19,1378.

Dieselbe Analyse lehrt uns auch das Verhältnifs kennen, welches zwischen dem Gesetze jener periodischen Variationen und zwischen der Gesammtmenge der Wärme besteht, welche diese Oscillationen erzeugt. Wenn z. B. die äufserste Erdrinde von Schmiedeeisen wäre, so würde die Wärme, welche die Abwechselung der Jahreszeiten hervorbringt, für das Klima von Paris und für ein Quadratmeter der Oberfläche der Erde gleich seyn derjenigen Wärme, welche einen Eiscylinder schmelzen kann, dessen Basis dieser Quadratmeter und dessen Höhe nahe 3,1 Meter ist. Da aber die Leitungsfähigkeit der irdischen Substanzen viel kleiner ist als die des Eisens, so sieht man, dafs die in der Natur wirklich statt habende Wärme dieses Ursprungs auch viel kleiner seyn mufs, denn sie ist in der That proportional der Quadratwurzel aus dem Producte der Capacität der Materie für die Wärme und der Permeabilität derselben.

II) Erwärmung der Erde durch den Weltraum.

Wenn die Sonne und alle sie umgebenden Planeten und Kometen nicht existirten, so würde die Temperatur desjenigen Raumes, welchen diese Himmelskörper einnehmen, ohne Zweifel eine ganz andere seyn, als die, welche jetzt in der That statt hat. Um einigermafsen zur näheren Kenntnifs derjenigen Temperatur zu gelangen, die jetzt in demjenigen Theile des Weltraumes, den unser Sonnensystem einnimmt, herrschen mag, mufs man, nach Fourier, zuerst denjenigen thermometrischen Zustand der Erdmasse untersuchen, der blofs von der Einwirkung der Sonne kommt. Diese Untersuchung zu vereinfachen kann man die Einwirkung der Atmosphäre vorerst gänzlich weglassen. Wenn nun nichts da wäre, was diesem Weltraume eine gewisse constante Temperatur geben könnte,

d. h. also, wenn unser ganzes Sonnensystem in einem ringsum abgeschlossenen Raume, ohne allen Wärmestoff, enthalten oder eingeschlossen wäre, so würden sich uns gewifs ganz andere Erscheinungen zeigen, als diejenigen sind, die wir jetzt beobachten. Die Polargegenden unserer Erde z. B. würden unter einer unermefslichen Kälte erstarren, und die Zunahme der Kälte vom Aequator nach beiden Polen würde unvergleichbar schneller vor sich gehn, als jetzt. Die geringste Veränderung in der Entfernung der Sonne von der Erde, wie die wegen der Excentricität der Erdbahn, würde sehr schnelle und sehr bedeutende Aenderungen der Temperatur auf dieser Erde erzeugen und der Wechsel des Tags und der Nacht würde plötzlich und ohne alle Abstufungen von Licht zu Schatten, von Wärme zu Kälte vor sich gehn. Alle Pflanzen und Thiere würden beim Einbruche der Nacht schnell eine durchdringende Kälte empfinden und die Körper derselben würden die Wirkung eines so schnellen und kräftigen Eindrucks nicht ertragen, so wenig als den entgegengesetzten Wechsel bei dem wieder ebenso schnell anbrechenden Tage. Die Wärme des Innern der Erde würde, wie wir bald sehn werden, diesen gänzlichen Mangel aller Wärme in dem die Erde umgebenden Raume keineswegs ersetzen. Dieser Theil des Weltenraumes, den unser Sonnensystem einnimmt, mufs daher eine ihm eigenthümliche und constante Wärme haben, die vielleicht nur wenig von jener der irdischen Pole verschieden ist. Diese Wärme aber hat ihren Ursprung in der Wärmestrahlung aller der Himmelskörper, deren Licht und Wärme bis zu uns gelangen kann. Die unzählbare Menge dieser Körper wird allmälig die Ungleichheiten wieder ersetzen, die in der eigentlichen ursprünglichen Temperatur eines jeden Planeten und Kometen sich vorfinden mögen, und sie wird die Wärmestrahlung über den ganzen Raum, in welchem sich diese Planeten bewegen, allmälig gleichförmig vertheilen. In anderen Himmelsräumen wird vielleicht die Temperatur eine ganz andere seyn, aber der Theil, welcher unserem Sonnensysteme angewiesen ist, wird in allen seinen Puncten nahe dieselbe Temperatur haben, weil dieses System gleichsam eine eigene Familie von Himmelskörpern bildet, welche in Beziehung auf den übrigen Himmelsraum auf einen sehr kleinen Platz zusammengedrängt und zugleich von allen übrigen Sonnensyste-

men durch Distanzen getrennt ist, gegen welche die Dimensionen unseres eigenen Systemes nur als unendlich klein erscheinen. Einen ähnlichen Fall würde man in dem inneren Raume eines grofsen Saales haben, wenn die ihn umgebenden Mauern mit der äufseren Luft in keinem Wechselverhältnifs ihrer Wärme ständen. In einiger Zeit würde dieser ringsum verschlossene Saal, wenn er auch nur von wenigen Menschen bewohnt würde, in seinem Inneren eine constante Temperatur annehmen, die ihre Ursachen blofs in der Wärmeausstrahlung der Bewohner desselben und in der Erzeugung derjenigen Wärme haben würde, die durch das Athmen dieser Bewohner entsteht. Auf gleiche Weise nehmen auch alle Körper unseres Sonnensystems Theil an der diesem ganzen Weltraume gemeinschaftlichen Temperatur, nur wird dieselbe für jeden einzelnen Planeten durch die Einwirkung der Sonne desto mehr vergröfsert, je näher der Planet selbst an der Sonne steht. Um aber auf diese Weise diejenige Temperatur, die jeder Planet dadurch erhalten hat, und um die Vertheilung der Wärme auf seiner Oberfläche zu bestimmen, müfste man, aufser diesem seinem Abstande von der Sonne, auch noch die Neigung seiner Rotationsaxe gegen die Ebene seiner Bahn kennen, so wie die nähere Beschaffenheit dieser Oberfläche und die der ihn umgebenden Atmosphäre. Unter der Voraussetzung, dafs die ursprüngliche Wärme der Planeten, so wie die der Erde, keinen Einflufs mehr auf seine äufserste Oberfläche äufsert, wie dieses bei unserer Erde nach den Beobachtungen der Fall ist, würde die Polartemperatur für alle Planeten nahe dieselbe, nämlich gleich der Temperatur des Weltraumes seyn, in welcher sich alle diese Planeten bewegen. Allein die Temperatur der anderen Theile der Oberfläche dieser Planeten kann, aus den so eben angezeigten Gründen, nicht mit Genauigkeit bestimmt werden, diejenigen Planeten vielleicht ausgenommen, die sich, wie Uranus, in einer so grofsen Entfernung von der Sonne bewegen, dafs der Einflufs dieses Gestirns auf alle Theile seiner Oberfläche nur sehr unbeträchtlich seyn kann, so dafs wahrscheinlich die ganze Oberfläche dieser entfernten Planeten nur die Temperatur des Weltraumes, d. h. die der beiden Erdpole, haben mag.

Nehmen wir aber auch die Einwirkung der Atmosphäre,

die wir bisher weggelassen haben, in unsere Betrachtungen auf, so sieht man zuerst, daſs sie wegen der groſsen Beweglichkeit der sie constituirenden Elemente die Vertheilung der Wärme über alle Partieen der Erdoberfläche gleichförmiger machen wird, als dieses ohne diese Atmosphäre der Fall seyn könnte. Allein diese Atmosphäre besitzt noch eine andere sehr merkwürdige Eigenschaft, die wir durch einen interessanten Versuch Saussure's kennen gelernt haben. Die von der Sonne im leuchtenden Zustande ausflieſsende Wärme durchdringt nämlich die Luft und alle durchsichtige Körper mit groſser Leichtigkeit, aber wie sie, auf diesem ihrem Wege, mit festen oder tropfbaren Körpern in Contact kommt, so verwandelt sie sich in eine *dunkle Wärme* und die Strahlen dieser letzten Wärme verlieren beinahe ganz ihre frühere Eigenschaft der leichten Durchdringlichkeit. Die aus der Sonne kommende leuchtende Wärme verwandelt sich demnach, wenn sie durch die Atmosphäre gegangen und mit den Körpern auf der Oberfläche der Erde in Berührung gekommen ist, in eine bloſs dunkle Wärme, und diese dunkle Wärme häuft sich auf der Oberfläche der Erde und in den daselbst befindlichen Körpern desto mehr an, als die auf denselben zunächst aufliegenden Luftschichten dichter und weniger beweglich sind. Diese zwei Eigenschaften der gröſseren Dichte und der geringeren Beweglichkeit der untersten Luftschichten sind nämlich, wie die bekannte schöne Theorie des Thaues so treffend bestätigt hat, die eigentlichen Hindernisse, daſs die dunkle Wärme nicht wieder aus diesen Körpern ausströmen kann, d. h. daſs diese Körper nicht wieder so schnell erkalten können. Und hierin ist auch die vorzüglichste Ursache der gröſsern Kälte zu suchen, die man auf hohen Bergen antrifft, so wie der bedeutenden Wärmeanhäufungen, die in den Ebenen und Thälern der Erde gefunden werden, Anhäufungen, die weder von dem Aufsteigen der erwärmten leichteren Luft, noch selbst von der Einwirkung der Winde gänzlich vernichtet werden können.

III) Erwärmung der Erde durch das Centralfeuer.

Hier geht Fourier von der Voraussetzung aus, daſs den Beobachtungen zufolge die Wärme des Innern der Erde für je 30 oder 40 Meter Tiefe um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers zunehmen soll. Dieses angenommen glaubt er daraus sowohl den Ort der inneren Wärmequelle der Erde, als auch die jetzt bestehende Wirkung derselben auf die Oberfläche der Erde bestimmen zu können. Was diesen Ort betrifft, so ist aus der Natur der Sache klar und auch durch die Analyse bestätigt, daſs diese Wärmezunahme der Erde mit der Tiefe nicht von der fortgesetzten Einwirkung der Sonne auf die Erde kommen kann. Wenn dieses der Fall wäre, so würden wir gerade umgekehrt eine Abnahme der Wärme in gröſseren Tiefen bemerken müssen. Die Ursache, die den tiefer liegenden Erdschichten eine höhere Temperatur giebt, muſs also eine innere Wärmequelle seyn, deren Aufenthalt tief unter den Puncten ist, bis wohin wir in das Innere der Erde herabsteigen konnten. Zweitens muſs aber auch der Zuwachs der Wärme, der aus einer solchen Quelle auf die Oberfläche der Erde gelangt, nur äuſserst gering, ja ganz unmerklich seyn, wie dieses aus dem Gesetze der Wärmezunahme beim tieferen Eindringen in das Innere der Erde folgt. Eine groſse Kugel von Eisen z. B., in welcher, wie bei der Erde, das Herabsteigen um einen Meter unter die Oberfläche nur den dreiſsigsten Theil eines Grades in der Wärmezunahme giebt, würde, wie die Rechnung zeigt, nur den vierten Theil eines Grades für die Wärmezunahme auf der Oberfläche einer solchen Kugel geben. Da aber die Erde die Wärme noch viel weniger leitet, als das Eisen, so würde auch das Resultat für die Erde noch geringer seyn und, was besonders bemerkt zu werden verdient, dieses Resultat würde ganz unabhängig von dem Zustande jener Wärmequelle selbst seyn. Fourier kam durch Hülfe seiner Analyse zu dem wichtigen Schlusse, daſs dieser Zuwachs des dreiſsigsten Theils eines Grades am Thermometer für jedes Meter Vertiefung unter der Oberfläche der Erde, sofern dieselbe bloſs als eine Wirkung des Centralfeuers angesehn wird, ehedem sehr viel gröſser gewesen seyn muſs und daſs überdieſs dieses Verhältniſs der Wärmezunahme mit

Digitized by Google

der Zeit sich nur sehr langsam ändert, so daſs mehr als dreiſsigtausend Jahre erfordert werden, dieses Verhältniſs auf ihre Hälfte herabzubringen, oder daſs erst nach dieser langen Periode von 300 Jahrhunderten die Wärmezunahme erst für 60 Meter Vertiefung einen Grad C. betragen werde. Ebenso langsam wird also auch die Abnahme der Temperatur auf der Oberfläche der Erde selbst seyn. Die sogenannte seculäre Abnahme wird nach der bekannten Regel gleich seyn dem gegenwärtigen Werthe derselben dividirt durch die doppelte Anzahl der Jahrhunderte, die seit dem Anfange der Abkühlung der Erde verflossen ist. Da uns durch die historischen Denkmäler, die uns aus der Vorzeit noch übrig geblieben sind, wenigstens eine Grenze dieser Anzahl gegeben ist, so mögen wir daraus den Schluſs ziehn, daſs seit der alexandrinischen Schule bis auf unsere Zeit die Temperatur der Erdoberfläche, die aus jener Wärmequelle kommt, noch nicht um den dreihundertsten Theil eines Grades C. abgenommen habe[1].

Ganz anders aber mag es sich mit denjenigen Schichten der Erde verhalten, die tief unter ihrer Oberfläche liegen. Diese Schichten können sich noch jetzt in einem Zustande des Glühens befinden und denselben vielleicht auch noch weit übersteigen, und diese werden auch in der Folge der Jahrhunderte noch groſse Veränderungen in ihrer Temperatur erleiden. Allein die Oberfläche der Erde wird von dieser innern Wärme so viel als gar nicht mehr afficirt, und ihre Wärme kann nur durch die Einwirkung äuſserer Ursachen, z. B. durch die Sonne, verändert werden. Dessenungeachtet ist jener Theil der Wärme, welchen die Oberfläche der Erde dem Himmelsraume durch Ausstrahlung und durch Reflexion zusendet, allerdings noch meſsbar. Nach den darüber angestellten Berechnungen ist diejenige Wärmemenge, die während des Laufes eines Jahrhunderts aus einem Quadratmeter der Oberfläche der Erde ausströmt, im Stande, eine Eissäule zu schmelzen, deren Basis jenes Quadratmeter und deren Höhe nahe drei Meter ist.

1 Vergl. Art. *Tag.* Abth. F.

B. Poisson's Theorie.

Auf eine andere Art hat diesen Gegenstand Poisson aufgefaſst[1]. Er stellt einen analytischen Ausdruck für die Temperatur u im Innern der Erde, in einer Tiefe x unter der Oberfläche derselben, auf. Dieser Ausdruck besteht aus mehrern Gliedern, deren Werthe periodisch wiederkehren und die er durch eigene Formeln berechnen lehrt, die er schon früher[2] gegeben hatte. Die Vergleichung dieser Formeln mit thermometrischen, in gröſseren Tiefen angestellten Beobachtungen hält er für die vortheilhafteste Art, die leitende und strahlende Kraft der Erde zu bestimmen. Für die gewöhnlichen Tiefen, in welchen man bisher beobachtet hat, geht u in die *mittlere Temperatur der Erdoberfläche* über, die er durch m bezeichnet und die man als eine Function der geographischen Breite betrachten muſs, den besondern Fall ausgenommen, wenn die Oberfläche der Erde durch locale Zufälle bedeutenden Veränderungen ihrer Wärme ausgesetzt wird, wo dann dieser mittlere Werth von u durch ein bestimmtes Integral (*intégrale définie*) ausgedrückt werden kann. Diesen besonderen Fall also hier unberücksichtigt gelassen gelangt Poisson zu folgendem Ausdrucke für die oben durch m bezeichnete Gröſse. Ist t die mittlere Temperatur der Atmosphäre in ihren untersten, die Erdoberfläche berührenden Schichten, α die Wärmestrahlung der Atmosphäre und β die der Sonne, und ist k ein Coefficient, der von der elastischen Kraft der Luft und, wenn sie in Bewegung ist, von ihrer Geschwindigkeit abhängt, so hat man

$$m = \frac{kt + \alpha + \beta - c}{k + h},$$

wo h und c constante Gröſsen bezeichnen. Die einfachste Voraussetzung, die man für die Constitution der Atmosphäre machen kann, ist die, die Gröſse m gleich t zu setzen, wo dann die vorhergehende Gleichung in folgende übergeht:

$$m = \frac{\alpha + \beta - c}{h}.$$

Aus dieser Gleichung folgt, daſs, wenn man die Temperatur

1 S. Connaisance des Temps. 1827. p. 303.

2 Journal de l'École polytechnique Cah. XIX. p. 74. 323.

der Erdoberfläche auf irgend eine Weise ändert, die letzte Gleichheit nicht gestört wird, da die wärmestrahlenden und absorbirenden Kräfte in demselben Verhältnisse wachsen.

Alles Vorhergehende setzt übrigens voraus, daſs der Wärmezustand der Erde durch irgend eine constante Ursache permanent erhalten werde, und jene Resultate würden nicht mehr gelten, wenn die Erde in der Vorzeit eine viel höhere Temperatur gehabt hätte oder, was dasselbe ist, wenn der Wärmezustand der Erde noch nicht ihre endliche Grenze erreicht haben, sondern wenn sie einer noch weitern Abkühlung an ihrer Oberfläche ausgesetzt seyn sollte. Aber vor diesem letzten Zustande giebt es einen andern, der überhaupt in jeder Theorie der Wärme vorzugsweise zu beachten ist und den Poisson, der Kürze des Ausdrucks wegen, den vorletzten Zustand nennt. Damit ist aber derjenige gemeint, für welchen alle Glieder der Reihe von Exponentialgröſsen, in welche sich der Ausdruck für die Temperatur entwickeln läſst, bis auf eins verschwunden sind, so daſs daher nur der Werth dieses einen Gliedes jener Reihe noch merklich ist. Dann zeigt sich in dem Ausdrucke von u ein neues Glied, das aber für die bisher beobachteten Tiefen nur dann noch bedeutend ist, wenn man annimmt, daſs die Erde ursprünglich eine sehr hohe Temperatur gehabt hat. Allein eben für diesen Fall haben, wie man weiſs, die bekannten Gleichungen der Wärme keine sichere Anwendung mehr, so wenig als sie unter der Voraussetzung angewendet werden können, daſs die Erde aus verschiedenen heterogenen Massen besteht. Endlich muſsten auch jene hohen Temperaturen, wenn sie in der That zur Zeit der Entstehung der Erde statt hatten, den Zustand der Atmosphäre bedeutend verändern und in derselben viele Wasserdünste erzeugen, wodurch denn auch das Gesetz der Wärmestrahlung der Erde in den Weltraum eine Aenderung erleiden muſste, so wie das der Wärmeleitung im Innern der Erde, wenn mehrere Schichten derselben, in Folge jener hohen inneren Temperatur, in einem flüssigen Zustande sich befanden.

C. Arago's Theorie.

Arago geht in seinen Untersuchungen dieses Gegenstandes von den Fragen aus, ob der Wärmezustand unserer Erde mit der Zeit bestimmten, durch Beobachtungen gegebenen Veränderungen unterworfen sey, ob diese Veränderungen, wenn sie bemerkt würden, die ganze Erde oder nur ihre Oberfläche betreffen, und endlich, wie groſs diese Wärmeänderung der Erde in einer bestimmten Zeit sey. Daſs diese Fragen von der gröſsten Wichtigkeit für Physik und Geologie, ja selbst für den Zustand des ganzen Menschengeschlechts in der Folge der Zeiten sind, bedarf keiner Erläuterung. Welches würde das Schicksal dieses Geschlechtes seyn, wenn einmal die Erde so sehr erkalten sollte, daſs dadurch alles vegetabilische und animalische Leben gefährdet wäre?

Allein diesen Fragen geht eine andere voraus, die zuerst beantwortet werden muſs, die Frage nämlich, ob die Erde zur Zeit ihrer Entstehung eine feste oder aber ein flüssiger Körper gewesen ist. Wenn sie ein fester Körper war, so muſs sie, ihrer Rotation ungeachtet, diejenige Gestalt, welche sie anfangs hatte, auch ferner beibehalten haben. Diese Gestalt kann, da sie in diesem Falle gleichsam zufällig war, bei den verschiedenen Planeten sehr verschieden gewesen seyn. Wir bemerken aber, daſs alle Planeten, so wie unsere Erde, nur eine Gestalt haben, daſs sie nämlich alle von einer Kugel nur sehr wenig verschieden sind. Schon daraus folgt, daſs es nicht sehr wahrscheinlich ist, daſs die Erde, so wie jene anderen Himmelskörper anfänglich feste Körper gewesen sind.

Ganz anders verhält sich die Sache, wenn die Erde zur Zeit ihres Ursprungs ein durchaus flüssiger Körper gewesen ist. Ein solcher Körper, der zugleich mit einer Rotation um eine seiner Hauptaxen begabt ist, muſs mit der Zeit durchaus diejenige Gestalt annehmen, in welcher alle auf ihn wirkenden Kräfte unter sich im Gleichgewichte sind. Nach der Theorie muſs aber diese Gestalt die eines *Sphäroids*, d. h. die eines solchen Körpers seyn, der durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist. Nun stimmen aber alle unsere Meridianmessungen, unsere Pendelbeobach-

tungen, selbst mehrere astronomische Beobachtungen, wie z. B. die Störungen des Mondes, die Lehre von der Präcession der Nachtgleichen u. s. w., damit vollkommen überein, dafs die Erde diese sphäroidische Gestalt hat, ja jene Beobachtungen geben sogar unter sich alle sehr nahe dieselben numerischen Werthe für den Unterschied der beiden Halbaxen jener Ellipse, so wie wir auch durch mikrometrische Messungen bei allen uns näheren Planeten dieselbe elliptische Gestalt gefunden haben. Aus diesem allen folgt daher unzweifelhaft, *dafs die Erde zur Zeit ihrer Entstehung ein flüssiger Körper gewesen ist.*

Was kann aber die Ursache dieses ursprünglichen Zustandes unserer Erde gewesen seyn? Wir kennen nur zwei: entweder das *Wasser* oder das *Feuer.* Die verschiedenen Massen, aus denen, wie wir sehen, die Erde besteht, können anfangs alle im Wasser aufgelöst gewesen seyn und die harte Rinde, welche wir jetzt auf ihrer Oberfläche bemerken, kann sich durch Ablagerung und Niederschlag in jenem Wasser gebildet haben. Es könnte aber auch jener erste Zustand der Erde durch eine sehr grofse Hitze in ihrem Innern entstanden seyn, durch welche alle jene verschiedenen Massen geschmolzen und in jenen flüssigen Zustand versetzt wurden. Das Erste behaupteten die *Neptunisten*, das Letzte die *Plutonisten*, und in diese zwei Schulen theilten sich alle unsere Geologen. Die Gründe, mit welchen sie sich gegenseitig oft heftig genug bekämpften, waren meistens nicht von Thatsachen, nicht von Beobachtungen entlehnt, sondern mehr von jener sogenannten philosophischen oder metaphysischen Art, die wohl zu Disputationen, aber nicht zu Entscheidungen führt. Es kam aber hier darauf an, an und in der Erde, so wie wir sie noch jetzt vor uns sehn, deutliche und unzweifelhafte Spuren von dem einen oder von dem anderen jener beiden Zustände aufzufinden.

Wenn die gegenwärtige Wärme der Erde blofs von der Einwirkung der Sonnenstrahlen käme, so müfste diese Wärme auf der Oberfläche der Erde am gröfsten seyn und immer abnehmen, je tiefer man unter diese Oberfläche herabgeht. Allein die Beobachtungen zeigen das Gegentheil. Nach diesen Beobachtungen wächst nämlich die Wärme, je tiefer man unter die Oberfläche der Erde hinabkommt. Zwar hat man über

Digitized by Google

die Gröſse und über das Gesetz dieser Wärmezunahme im Innern der Erde noch nichts Sicheres ausmitteln können, aber die Thatsache selbst, die Zunahme der Wärme mit der Tiefe, kann nicht weiter bezweifelt werden. Man kann annehmen, daſs diese Zunahme der Wärme für je 20 oder 30 Meter einen Grad C. betrage. Daraus folgt, daſs die Wärme, die wir allerdings im Innern der Erde bemerken, der Einwirkung der Sonne nicht beigemessen werden kann, sondern daſs sie vielmehr einer andern Wärmequelle zugeschrieben werden muſs, die sich nicht auſser der Erde und, wie die Sonne, in so groſser Entfernung von ihr, sondern die sich vielmehr im Innern, in der Nähe des Mittelpuncts der Erde befindet, weil jenen Beobachtungen zufolge die innere Wärme desto mehr wächst, je mehr man sich diesem Mittelpuncte nähert. Dadurch wären wir also, mit den oben erwähnten Plutonisten, auf eine der Erde eigenthümliche Wärme, auf ein sogenanntes *Centralfeuer* der Erde gekommen. Wenn aber dieses Centralfeuer zur Zeit der Entstehung der Erde die sphäroidische Gestalt ihrer Oberfläche bestimmt haben soll, so muſs sich dieses Feuer zu jener Zeit nicht bloſs im Centrum der Erde befunden, sondern es muſs sich über die ganze Masse der Erde bis an ihre Oberfläche verbreitet haben. Mit andern Worten: durch das Vorhergehende werden wir unmittelbar auf eine anfängliche, die ganze Masse der Erde durchdringende, sehr hohe Temperatur geführt, eine Temperatur, die sich in der Folge der Zeiten allmälig durch Abkühlung und Ausstrahlung an ihrer Oberfläche gegen den Mittelpunct der Erde zurückgezogen hat, wo sie jetzt eben jenes Centralfeuer oder besser jene Centralhitze bildet, aus der sich die oben erwähnte sphäroidische Gestalt der Erde als eine unmittelbare Folge ergiebt.

Diese Voraussetzung eines ursprünglich feuerflüssigen Zustandes der Erde haben auch schon ältere Naturforscher, wie Büffon, Newton, Leibnitz u. A., annehmen zu müssen geglaubt, um dadurch die Erscheinungen auf der Oberfläche der Erde zu erklären. Aber ihre Hypothese war nicht auf hinlängliche Thatsachen gegründet, um sich zu erhalten und als die einzig wahre allgemein anerkannt zu werden. Sie wurde daher später wieder zur Seite gelegt oder höchstens als Unterlage für die oben erwähnten Kämpfe zwischen den

Plutonisten und Neptunisten mehr gemifsbraucht, als zweckmäfsig benutzt. Ja einige von diesen älteren Physikern haben auf jene Hypothese sogar schon die sinnreiche Behauptung gebaut, dafs die Berge durch dieses unterirdische Feuer emporgehoben worden seyen, eine Behauptung, durch welche sich erst in unsern Tagen Elias de Beaumont einen in der Geologie für alle Zeiten unvergefslichen Namen gemacht hat. Allein auch diese glückliche Idee wurde wieder auf lange Zeit hin vergessen, da sie doch durch keine eigentlichen Beobachtungen bewiesen war und mehr ein Product der Phantasie als eine Folge richtiger, auf Erfahrungen gebauter Verstandesschlüsse zu seyn schien. Insbesondere hat Büffon durch seine zwar sehr blühende, aber auch zugleich weder auf Beobachtungen noch auf Rechnungen gegründete Darstellung dieser ganzen Theorie der Entstehung der Erde eine Art von romantischem Anstrich gegeben, den die Geologen lange Zeit nach ihm beizubehalten suchten und dadurch sich und ihre sogenannte Wissenschaft bei allen an strengeres Denken gewöhnten Lesern in Mifscredit gebracht haben. Nach Büffon's sogenannten Berechnungen z. B. soll die Erde 3000 Jahre im Zustande des Glühens gewesen seyn und fernere 34000 Jahre soll sie nur so weit erkaltet seyn, dafs man sie am Ende dieser Periode von 37000 Jahren, seit ihrem Anfange, noch nicht berühren konnte. Während dieser ganzen Zeit war das nachherige Meer durch die Wirkung jener grofsen Hitze noch ganz in der Atmosphäre in Dunstgestalt enthalten, weil die Erde noch weitere 25000 Jahre so heifs war, dafs sie alles Wasser in Dämpfe verwandelte. Weiter sollen nach den Folgerungen dieses Naturforschers die ersten Bewohner der Erde wegen der höheren Temperatur und der stärkeren Productionskraft dieses Planeten sehr grofse, kolossale Körper gehabt haben. Endlich fing die Erde an so weit zu erkalten, dafs sie für Pflanzen und Thiere geeignet wurde, und dieses soll zuerst an den Polarländern geschehn seyn, wo daher, der damals auch dort noch so hohen Temperatur wegen, Elephanten, Wallrosse und ähnliche tropische Thiere lebten, deren Ueberreste man noch heutzutage in jenen Gegenden findet. Auf diese Weise wird der Roman fortgesponnen, nicht blofs bis zu unsern Tagen, sondern bis an das Ende aller Dinge, d. h. bis 93000 Jahre nach unserer Zeit, wo die Erde so weit er-

kaltet seyn soll, daſs sie kein vegetabilisches und animalisches Leben mehr erhalten kann.

Wenn wir nun, um wieder zu unserm Gegenstande zurückzukehren, diesen ursprünglichen feuerflüssigen Zustand der Erde als ausgemacht voraussetzen, welches Mittel haben wir, die allmälige Abnahme dieser anfänglichen so hohen und über die ganze Erdmasse verbreiteten, jetzt aber schon sehr gegen den Mittelpunct der Erde zurückgezogenen Temperatur zu messen?

Wenn wir Thermometerbeobachtungen von den alten Griechen oder Chaldäern besäſsen, so wie sie uns in der That sehr schätzbare astronomische Beobachtungen hinterlassen haben, so würden wir, besonders wenn sie ihre Experimente in gröſsern Tiefen unter der Oberfläche der Erde angestellt hätten, jene Frage vielleicht unmittelbar und ohne Schwierigkeit beantworten können. Allein dieses Instrument ist noch nicht zwei volle Jahrhunderte bekannt, und war selbst in der ersten Hälfte dieses Zeitraums so unvollkommen, daſs es uns, auch wenn wir Beobachtungen an demselben aus dem grauesten Alterthume hätten, zu nichts nützen könnte. Dieselben Griechen haben sich auch mit den Messungen der Gröſse unserer Erde beschäftigt. Eratosthenes hat um das Jahr 250 und Posidonius, der Lehrer Cicero's, um das Jahr 70 vor dem Anfange unserer christlichen Zeitrechnung diese Gröſse der Erde zu bestimmen gesucht; allein die Methoden und die Instrumente, welche sie bei ihren Messungen gebraucht haben, sind so unvollkommen, ja selbst die wahre Gröſse des Maſsstabs (des Stadiums), welches sie dabei gebraucht haben, ist uns so wenig bekannt, daſs wir darauf keine sichern Folgerungen bauen können. Was sollen uns aber auch solche Messungen der Erde aus der Vorzeit zu unserem Zwecke nützen? Wir wollen wissen, ob und wie viel die Erde seit einem oder mehrern Jahrtausenden an ihrer *Temperatur*, nicht aber, wie viel sie in dieser Zeit an ihrer *Gröſse* zu oder abgenommen hat. Allein diese beiden Dinge hängen zusammen und wenn man nur das eine, die Abnahme der Gröſse z. B., kennte, so würde man auch wohl das andere, die Abnahme der Wärme, aus jenem ersten leicht ableiten. Es ist nämlich bekannt, daſs die Wärme alle Körper ausdehnt und die Kälte im Gegentheile sie zusammenzieht, und daſs daher die Erde,

Digitized by Google

wenn sie seit der Zeit des Eratosthenes kleiner geworden ist, auch kühler geworden seyn müsse. Allein das Uebel ist, daſs wir *keines* von diesen beiden Dingen wissen und daſs wir auch kein Mittel absehn, wie man auch nur zu einem derselben gelangen könnte.

Indeſs wollen wir doch, da wir einmal auf diesem Wege sind, ihn nicht sogleich ganz aufgeben und den Gegenstand, der uns anfangs so viel versprach, noch etwas näher betrachten. In der That hängen jene zwei Dinge, die *Gröſse* und die *Abkühlung* der Erde, noch mit einem dritten, mit der *Umdrehung* der Erde um ihre Axe, zusammen, und es wäre möglich, daſs man, wenn auch jene zwei ersten unzugänglich sind, doch diesem dritten und dann durch dieses dritte auch jene zwei ersten näher kennen zu lernen vermöchte. Denken wir uns, ohne uns hier in die höheren Berechnungen der Mechanik einzulassen, ein einfaches Rad, das sich um seine Axe drehn läſst, und daſs an den Radien (Speichen) desselben mehrere Gewichte angebracht sind, die sich längs diesen Radien verschieben, also dem Mittelpuncte des Rades bald näher, bald ferner stellen lassen.

Stellen wir diese Gewichte zuerst alle ganz nahe an den Mittelpunct des Rades, und sehn wir zu, welche Kraft erforderlich ist, das Rad mit einer bestimmten Geschwindigkeit, z. B. in einer Secunde ganz um seine Axe zu drehen. Verschiebt man hierauf alle jene Gewichte, bis sie an die Peripherie des Rades gelangen, so wird man offenbar, obschon das Rad selbst nicht schwerer oder gröſser geworden ist, eine *stärkere* Kraft gebrauchen, um auch jetzt das Rad wieder genau in einer Secunde um seine Axe zu drehn. Ein Rad also von gegebenem Gewichte fordert mehr Kraft, um in einer gegebenen Zeit, z. B. in einer Secunde, um seine Axe gedreht zu werden, wenn die einzelnen Gewichte (die Massentheile, aus denen es besteht) weiter vom Mittelpuncte des Rades abstehn, als wenn sie diesem Mittelpuncte näher sind. Also auch umgekehrt: wenn die Kraft dieselbe bleibt, so wird dasselbe Rad langsamer gehn, wenn seine Massentheile weiter vom Mittelpuncte des Rades entfernt sind, und es wird geschwinder gehn, wenn diese Theile näher zum Mittelpuncte gerückt werden. Da nun die Wärme alle Körper ausdehnt und die Kälte sie zusammenzieht, so werden wir, statt den Ort jener

Gewichte an ihren Speichen zu verändern, auch die Temperatur des ganzen Rades verändern können und der Erfolg wird offenbar derselbe seyn müssen. Wenn man also bei jenem ersten Rade die Gewichte näher beim Mittelpuncte befestigt oder wenn man bei einem Rade ohne Gewichte die Temperatur desselben vermindert, so wird bei derselben bewegenden Kraft das Rad geschwinder um seine Axe laufen, es wird sich geschwinder drehen, wenn es kälter, und langsamer, wenn es wärmer geworden ist.

Was hier von einem Rade gesagt ist, gilt auch von jedem andern Körper, seine Gestalt mag seyn welche sie will. Es bewege sich z. B. eine Kugel in Folge eines erhaltenen ersten Stofses um ihre Axe. Wenn das Volumen dieser Kugel durch Erwärmung derselben gröfser wird, so wird sich die Kugel langsamer als zuvor drehen, und wenn sie allmälig erkaltet, so wird sie auch ebenso allmälig immer schneller um ihre Axe rotiren. Unsere Erde aber ist nichts anderes als eine solche im freien Raume schwebende Kugel, die ebenfalls in Folge eines ursprünglichen Stofses sich in einer bestimmten Zeit, d. h. in einem Sterntage, ganz um ihre Axe dreht. Wenn daher diese Erdkugel mit der Zeit ihre Temperatur verlieren oder wenn sie allmälig kühler werden sollte, so wird sie sich auch immer schneller um ihre Axe drehn oder so wird die Dauer ihrer Umlaufszeit, d. h., so wird der Sterntag immer kürzer werden müssen. Nun haben wir aber oben (Art. *Tag*, Absch. F) gesehn, dafs der Sterntag seit den ältesten Zeiten, von denen wir noch astronomische Beobachtungen haben, das heifst, seit mehr als 2000 Jahren sich noch nicht um den hundertsten Theil einer Zeitsecunde geändert hat, und die Art, wie dieser Schlufs a. a. O. gefunden wurde, hat ohne Zweifel jeden Leser von der Verläfslichkeit und strengen Richtigkeit desselben überzeugt. Wenn nun, wie wir gewifs wissen, der Tag seit 2000 Jahren sich nicht einmal um $\frac{1}{100}$ Secunde geändert hat, oder mit andern Worten, wenn die Umdrehungszeit der Erde noch immer bis auf eine ganz unmerkbare Gröfse dieselbe ist, wie sie vor zwei Jahrtausenden war, so wird auch wohl die Temperatur der Erde im Anfange und am Ende dieser Periode nur ganz unmerklich von einander verschieden seyn. Um diese Verschiedenheit der

Digitized by Google

Temperatur der Erde, wie sie jetzt ist und wie sie vor 2000 Jahren war, genauer anzugeben, nehmen wir für die mittlere Ausdehnung der Massen, aus welchen die Erde besteht, die kleinste, die wir kennen, die Ausdehnung des Glases an, nämlich $\frac{1}{100000}$ für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers. Für eine solche Ausdehnung des Volumens einer Kugel findet man aber nach den bekannten Gesetzen der Mechanik eine Verminderung der Umlaufszeit der Kugel, die nur $\frac{1}{50000}$ der früheren Umlaufszeit beträgt. Diese Umlaufszeit ist aber der *Sterntag*, der 86400 Secunden enthält, so daſs man daher für die Veränderung des Sterntages, die der Abnahme der mittleren Wärme der Erde um einen Grad entspricht, erhält

$$\frac{86400}{50000} = 1{,}728 \text{ Secunden.}$$

Allein wir haben oben gefunden, daſs die Länge des Tags seit 2000 Jahren noch nicht um den hundertsten Theil einer Secunde abgenommen haben kann, und da dieses nur der 173ste Theil von der eben erhaltenen Abnahme des Tags ist, so haben wir sonach die Abnahme der Temperatur seit jener Zeit 173mal gröſser angenommen, als wir sie hätten annehmen sollen, oder mit andern Worten: die Abnahme der mittleren Temperatur der Erde seit zweitausend Jahren beträgt nicht über $\frac{1}{173}$ eines Grades C., und daher wird diese Abnahme, wenn sie jetzt gleichmäſsig fortginge, nicht in 2000, sondern erst in 346000 Jahren einen Grad betragen. Man bemerkt, daſs die letzte Zahl noch viel gröſser seyn würde, wenn wir für die Ausdehnung der Erde durch die Wärme diejenige irgend eines anderen uns bekannten Körpers statt des Glases gewählt hätten. Obschon es durchaus unwahrscheinlich ist, daſs die Massen, aus welchen die Erde besteht, eine so geringe mittlere Ausdehnung, wie das Glas, haben sollten, so wollen wir doch, da wir über diese Dilatation noch so ungewiſs sind, das oben erhaltene Resultat $\frac{1}{173} = 0{,}006$, um ganz sicher zu gehn, zehnmal gröſser nehmen, wodurch man 0,06 oder in runder Zahl $\frac{1}{16}$ erhält, so daſs wir demnach mit einer Bestimmtheit, deren sich vielleicht nur wenige Resultate der Naturwissenschaften zu erfreuen haben, den Satz aufstellen können, daſs die mittlere Temperatur der *ganzen* Erdku-

gel in den letzten 2000 Jahren sich gewiſs noch nicht um den zehnten Theil eines Grades vermindert hat[1].

D. Perioden der weiteren Abnahme der Temperatur der Erde.

Das Vorhergehende giebt uns ein einfaches Mttel, das Verhalten der mittleren Temperatur der Erde in der Vorzeit und in der spätern Zukunft mit derjenigen Verläſslichkeit zu bestimmen, die man bei Untersuchungen solcher Art fordern kann. Unsere Nachfolger werden allerdings an den hier zu entwickelnden Resultaten noch bedeutende Aenderungen anbringen, wenn die Theorie weiter fortgerückt und die Anzahl zweckmäſsiger Thermometerbeobachtungen vermehrt seyn wird, was aber uns nicht abhalten soll, so weit zu gehn, als wir unter unsern beschränkten Verhältnissen zu thun im Stande sind. Sey x die Zeit, in Zeiträumen von 2000 Jahren ausgedrückt, und P die Temperatur der Erde im Anfange, so wie p am Ende dieser Periode von 2x Jahrtausenden, so hat man, wenn die Temperatur in einem geometrischen Verhältnisse abnimmt, während die Zeit in einem arithmetischen Verhältnisse wächst oder gleichförmig fortgeht, die Gleichung

$$\frac{P}{p} = e^x,$$

wo e eine constante Gröſse bezeichnet, die nun vor allen andern bestimmt werden soll. Nach demselben Arago[2] ist die constante Temperatur des Weltraumes, in welchem sich die Planeten unseres Sonnensystems bewegen, gleich — 46°, und ebenso groſs soll auch, nach seiner und Fourier's Hypothese, die mittlere Temperatur der Erde an ihren beiden Polen seyn, während die mittlere Temperatur derselben am Aequator gleich + 22° angenommen wird. Demnach hätte man für den in unseren Zeiten statt habenden Temperaturunterschied am Aequator und im Weltraume die Gröſse 22° — (— 46°) = 68°. Nach dem Vorhergehenden aber hat die Temperatur am Ae-

1 Vergl. Arago im Annuaire für das Jahr 1834, und besonders La Place Méc. céleste Vol. V., aus welcher letztern Quelle auch Arago, wie er selbst anführt, seine Theorie geschöpft hat.

2 Poggendorff Ann. XXXVIII. 235.

quator seit 2000 Jahren um $\frac{1}{10}$ Grad abgenommen, so dafs daher der Temperaturunterschied am Aequator und im Weltraume vor 2000 Jahren gleich 68°,1 gewesen ist. Aus diesen Prämissen werden wir den Werth der vorhergehenden Constante e zu bestimmen im Stande seyn. Ist nämlich a die Temperaturdifferenz am Aequator und im Weltraume im Anfange dieser Periode der letzten 2000 Jahre und bezeichnet man durch ae, ae^2 ae^3 ... dieselbe Differenz für das 2te, 3te, 4te ... Jahr dieser Periode, so hat man die geometrische Reihe

$$a, ae, ae^2, ae^3 \ldots ae^n \ldots,$$

und wenn man das letzte Glied ae^n dieser Reihe durch u bezeichnet, so hat man für die Summe s aller Glieder

$$s = \frac{a - ue}{1 - e},$$

woraus folgt

$$e = \frac{a - s}{u - s}.$$

Für unsere vorhergehenden Annahmen ist aber $a = 68°,1$, $u = 68°,0$ und die Totalabnahme der Temperatur während der ganzen Periode oder $s = \frac{1}{10}$. Substituirt man diese Werthe von a, u und s in dem letzten Ausdrucke, so hat man

$$e = \frac{68{,}0}{67{,}9} = 1{,}00147,$$

so dafs daher die oben aufgestellte Gleichung für x in die folgende übergeht

$$\frac{P}{p} = 1{,}00147^x \ldots (A).$$

Wenn man die dieser Gleichung zum Grunde gelegten Annahmen als der Wahrheit wenigstens sehr nahe liegend annimmt, so lassen sich dadurch mehrere interessante Probleme auflösen. Wir wollen von denselben nur einige anführen.

Probl. I. Wie viel Zeit gebraucht die mittlere Temperatur der Erde, um in einer Periode von 2000 Jahren um einen Grad abzunehmen? Zählt man diese Periode von Hipparch an, der nahe 2000 Jahre vor uns lebte, so giebt die Gleichung (A)

$$P = 68{,}1 \text{ und } p = 67{,}1,$$

also auch

$$1{,}0149 = 1{,}00147^x,$$

woraus folgt

$$x = 10{,}0714 \text{ und } 2000\,x = 20143 \text{ Jahre}$$

oder von HIPPARCH's Zeit an wird eine Periode von 20143 Jahren verfliefsen, bis die mittlere Temperatur der Erde um einen ganzen Grad abgenommen hat.

Probl. II. Die mittlere Temperatur Deutschlands kann jetzt nahe gleich $+8^\circ$ R. angenommen werden. Ohne Zweifel ist sie in der Vorzeit viel gröfser und auch einmal gleich der gegenwärtigen Temperatur am Aequator oder gleich $+22^\circ$ R. gewesen, wie es denn wohl vormals eine Zeit gegeben haben mag, wo die Temperatur an allen Orten der Erdoberfläche dieselbe war und wo sich daher von einem Unterschiede der Klimâte oder der Zonen keine Spur zeigte. Sucht man nun die Zeit x', welche verflossen ist, seitdem die Temperatur in Deutschland von $+22^\circ$ auf $+8^\circ$ herabgesunken ist, so hat man, da $68 - (22 - 8) = 54$ ist, nach der Gleichung (A)

$$\frac{68}{54} = 1{,}259 = 1{,}00147^{x'},$$

woraus folgt

$$x' = 156{,}8$$

oder

$$2000\,x' = 313600 \text{ Jahre,}$$

so dafs demnach seit der Zeit, wo in Deutschland das Tropenklima von $+22^\circ$ herrschte, bis auf unsere Tage 313600 Jahre verflossen seyn müfsten. Der Anfang dieser Periode würde also, nach FOURIER's Theorie, die Zeit gewesen seyn, als das Centralfeuer der Erde sich noch nicht gegen den Mittelpunct derselben zurückgezogen hatte und daher die ganze Oberfläche der Erde einer gleichen Temperatur von $+22^\circ$ ausgesetzt war.

Probl. III. Suchen wir endlich die Zeit x'', von HIPPARCH an gerechnet, in welcher der Aequator, dessen mittlere Temperatur jetzt $+22^\circ$ ist, nur noch einen Temperaturunterschied von $0^\circ{,}01$ gegen den Weltraum haben wird, eine so geringe Temperatur, dafs sie einer gänzlichen Erkaltung des Aequators gleichgesetzt werden kann. Für die Auflösung dieses Problems giebt die Gleichung (A)

$$\frac{68{,}1}{0{,}01} = 61810 = 1{,}00147^{x''},$$

woraus folgt

$$x'' = 6009 \text{ oder } x'' = 12018000 \text{ Jahre.}$$

Die gänzliche Erkaltung des Aequators würde also, von Hipparch's Zeit zu zählen, erst nach mehr als 12 Millionen Jahren statt haben. Dabei mufs aber bemerkt werden, dafs der Einflufs der Sonne auf die Erdoberfläche nicht berücksichtigt worden ist. Da diese Rücksicht aber nicht vernachlässigt werden darf, so kann auch von einer solchen gänzlichen Erkaltung der Erde keine Rede seyn. Die Erde wird vielmehr in ihrer gegenwärtigen Abnahme der Temperatur nur so lange fortschreiten, bis sie zu dem Puncte gelangt ist, wo ihr Wärmeverlust durch Ausstrahlung gleich seyn wird der Wärmeerzeugung auf ihrer Oberfläche durch die Sonne. Von dieser Zeit an wird der Wärmezustand der Erde stationär seyn und die oben angenommene geometrische Reihe, welche die Erde in ihrer Erkaltungsperiode seit der Epoche ihrer Schöpfung durchläuft, wird bei jenem Gliede enden, wo ihr Wärmeverlust durch die Einwirkung der Sonne vollständig aufgewogen wird. Ob dieser Zeitpunct schon eingetreten ist oder ob er, nach Fourier[1], uns noch bevorsteht, müssen wir wohl einstweilen unentschieden lassen.

Die drei so eben gefundenen Perioden für x, x' und x'' sind allerdings für nicht klein zu achten, allein sie werden noch viel beträchtlicher, wenn man, wie es aus dem Vorhergehenden (C) sehr wahrscheinlich ist, die Temperaturverminderung für die Zeit der zwei letzten Jahrtausende noch kleiner als 0°,1 annimmt. So haben wir oben, obschon wir der Erde die gewifs zu geringe Dilatation des Glases durch die Wärme gaben, die Temperaturveränderung der Erde seit 2000 Jahren gleich $\frac{1}{178} = 0{,}006$ eines Grades gefunden. Nimmt man überdiefs die Temperatur des Weltraums nach Fourier gleich $-45{,}618$ und die des Aequators, wie zuvor, gleich $+22$ an, so hat man $u = 67{,}618$, $a = 67{,}624$ und $s = 0{,}006$, also auch

$$e = \frac{a - s}{u - s} = 1{,}000089.$$

Mit diesem Werthe von e erhält man aus der Gleichung (A)

---

1 Théorie de la Chaleur p. 366.

für die oben aufgestellten drei Probleme in derselben Ordnung

$$1{,}015 = 1{,}000089^x \text{ oder } 2000x = 334000 \text{ Jahre}$$
$$1{,}2611 = 1{,}000089^x \text{ — } 2000x = 5220000 \text{ —}$$
$$6762{,}4 = 1{,}000089^x \text{ — } 2000x = 198450000 \text{ —}$$

so dafs daher bei dieser nahe 16mal langsamern Abnahme der Temperatur der Erde auch jene drei Perioden nahe 16mal gröfser werden als zuvor. FOURIER setzt diese Abnahme der Temperatur der Erde für die letzten zwei Jahrtausende gleich $0^\circ{,}024$, also nahe 4mal kleiner als 0,1, so dafs jene drei Perioden 4mal gröfser als in der ersten Auflösung unserer Probleme seyn werden. In der That setzt man mit FOURIER $u = +45^\circ{,}6 + 22^\circ{,}0 = 67{,}6$; $a = 67{,}624$ und $S = a - U = 0{,}024$, so findet man $e = 1{,}000355$ und daher wieder nach der Gleichung (A)

$$1{,}015 = 1{,}000355 \text{ oder } 2000x = 83800 \text{ Jahre}$$
$$1{,}2611 = 1{,}000355^x \text{ — } 2000x = 1306800 \text{ —}$$
$$6762{,}4 = 1{,}000355^x \text{ — } 2000x = 49677000 \text{ —}$$

Nach diesen letzten Berechnungen würden demnach 1306800 Jahre verflossen seyn, seit der Zeit, wo in Deutschland die Tropentemperatur von $+22^\circ$ herrschte. Die Geologen nehmen beinahe allgemein an, dafs die merkwürdigen vegetabilischen Ueberreste, welche die Steinkohlenlager in Europa bilden, nur in einem Tropenklima entstanden seyn können, so dafs demnach das Alter dieser Lager, nach FOURIER's Temperaturabnahme von $0^\circ{,}024$ für 2000 Jahre, weit über eine Million Jahre und nach der Temperaturabnahme von 0,006 sogar über fünf Millionen Jahre betragen würde. Diese Steinkohlenlager sind oft über mehrere Quadratmeilen ausgebreitet und sie finden sich in allen Welttheilen. GÖPPERT[1] behauptet, dafs die Pflanzenabdrücke, die man in den tieferen, also älteren Lagern von Steinkohlen findet, im Allgemeinen immer derselben Gattung von Pflanzen zugehören, und Graf STERNBERG hat daraus den Schlufs gezogen, dafs überall, wo man solche Lager findet, in Schottland, in Sibirien, im nördlichen America u. s. w. in der Vorzeit ein Tropenklima geherrscht haben müsse. Zu denselben Resultaten ist auch ADOLPH BRON-

1 Ueber die fossilen Farrenkräuter. Breslau 1836. S. 64 ff.

Digitized by Google

gniart gelangt, der diesen Gegenstand mit besonderem Eifer und Scharfsinn untersucht hat. Wenn gleich schon die Grauwacke häufige Pflanzenabdrücke enthält und wenn selbst das Vorhandenseyn einer Organisation noch vor der Bildung der Grauwacke nicht zu leugnen ist, so sind doch jene Steinkohlenlager, obschon späteren Ursprungs, die sprechendsten und zugleich am weitesten verbreiteten Zeugen einer solchen vorweltlichen Vegetation, und alle Pflanzen, die man in diesen Lagern findet, gehören einer viel wärmeren Zone an, als diejenige ist, in welcher man sie jetzt findet. Alle Pflanzen aus der Classe der Gefäfs-Kryptogamen, alle Farrenkräuter, Lycopodiaceen und Equisetaceen, die man in diesen Lagern von oft erstaunlicher Gröfse findet, erreichen lebend nur in der heifsen Zone eine so bedeutende Höhe. Wenn daher diese Pflanzen auch in den gemäfsigten und selbst kalten Klimaten, wo wir jetzt ihre Ueberreste finden, gelebt haben sollen, so mufs die Temperatur dieser Gegenden in der Vorzeit wenigstens ebenso grofs gewesen seyn, als die gegenwärtige am Aequator.

Ohne Zweifel verdienen diese auch in andern Beziehungen höchst merkwürdigen Steinkohlenlager eine noch viel genauere und mehr umfassende geologische Untersuchung, als ihnen bisher zu Theil geworden ist. So hat z. B. der Bergwerksdirector Gräser das Lager von Eschweiler bei Aachen mehrere Jahre aufmerksam erforscht und gefunden, dafs dasselbe aus nicht weniger als 44 übereinander liegenden Steinkohlenflötzen besteht, die alle von einander deutlich getrennt und unterschieden sind. Diese Untersuchungen wurden ihm allerdings dadurch sehr erleichtert, dafs der dort sehr rege Bergbau das ganze Steinkohlengebilde nach allen Seiten und bis in eine grofse Tiefe aufgeschlossen hat. Nach seinen Untersuchungen finden sich in jedem dieser Flötze nur eigene Arten von Pflanzen, die in den anderen Flötzen nicht angetroffen werden. Er zählt daher ebenfalls 44 Pflanzenwelten, die hier allmälig untergegangen sind, um ihren Nachfolgern Platz zu machen, die wieder dasselbe Schicksal getroffen hat. Wenn nun, wie es sehr wahrscheinlich ist, die Pflanzen der untersten Lage der heifsen Zone und die der höhern auch wieder den milderen Zonen angehören, so hätten wir hier eine Reihe von Denkmälern, deren jedes vielleicht mehrere Jahrtausende

Digitized by Google

umschliefst, und zugleich einen Beweis, dafs die Temperatur der Erde in der Vorzeit sehr hoch gewesen seyn und dafs die Ausbildung dieser Steinkohlenlager in allen ihren Theilen einen ungeheuer grofsen Zeitraum umfafst haben mufs, einen Zeitraum, in welchem mehrere periodische Veränderungen des Klima's und der Vegetation an denselben Orten statt fanden.

Für eine ehemalige höhere Temperatur in der Nähe der Erdpole hat man oft genug die fossilen Thierreste angeführt, die man am Ausflusse der Lena in Sibirien, an den Ufern des Wilhui u. s. w. gefunden hat, obschon die noch lebenden Thiere derselben Art jetzt nur zwischen den Wendekreisen angetroffen werden. Laplace bestreitet die Aehnlichkeit dieser Thierarten, da diese fossilen sogenannten Elephanten, Mammuts u. a. mit dichten Haaren und Borsten bedeckt waren, also dem kälteren Klima, wo sie gefunden werden, eigenthümlich angehören sollten. Auch Cuvier[1] ist der Ansicht, dafs diese Thiere, deren Reste man in Sibirien findet, daselbst gelebt und gewohnt haben müssen, dafs sie aber nicht durch eine allmälige Abnahme der Temperatur, obschon diese allerdings statt gehabt hat, sondern dafs sie durch irgend eine plötzliche Katastrophe zu Grunde gegangen sind. Wäre die Kälte, die ihnen den Untergang gebracht haben soll, nur allmälig eingetreten, so würden ihre Knochen und noch viel mehr ihre weicheren Theile zersetzt und aufgelöst worden seyn, und es wäre unmöglich, dafs ein ganzer Leichnam, wie der von Adams entdeckte, seine Haare und seine Haut behalten hätte. Er mufs daher unmittelbar von dem Eise eingeschlossen worden seyn, in welchem man ihn gefunden hat. V. Humboldt aber wurde durch seine letzten Reisen im nordöstlichen Rufsland zu einer andern Erklärung dieser vielbesprochenen fossilen Thiere geführt. Er fand nämlich in den Breiten von 54 bis 58 Graden, obschon die Temperatur der Luft im Sommer Mittags bis 45 und mehr Grade stieg, doch ganz seichte Brunnen, deren Wasser nur 1 oder 2 Grade Wärme hatte, zum Zeichen, dafs der Boden in jenen Gegenden schon sehr abgekühlt seyn mufs. Allein unter noch höheren Breiten von 58 bis 62 Graden fand er diesen Boden auch im Sommer in einer Tiefe von 12 bis 15 Fufs stets gefroren. Zu Jakuzk

---

1 Ossemens fossiles. 1821. p. 202.

(Breite 62° 2′) ist dieses unterirdische Eis ein immerwährendes und allgemein bekanntes Phänomen, ungeachtet der oft sehr hohen Temperatur der Luft des Sommers zu Mittag. Man kann sich daher leicht denken, wie rasch von Jakuzk (62°) bis zum Ausflufs der Lena (72°) die Dicke dieser ewigen Eisschicht zunehmen und zugleich gegen die Oberfläche der Erde heraufsteigen mufs. Wenn nun, fährt v. Humboldt fort, in jene Gegenden Thiere aus wärmern Zonen sich verirrt, sich vielleicht auch daselbst zum Theil acclimatisirt haben mögen, so können doch einige Individuen derselben in Folge von Erdstöfsen oder von plötzlichen Rissen im Boden ebenso plötzlich ihren Untergang gefunden haben, wo sie dann in diesen Eisspalten ihr Grab, aber auch zugleich die Erhaltung ihrer Leichname getroffen haben. Zur Unterstützung dieser Annahme von einer Verirrung der Thiere aus der heifsen in die kalte Zone führt er an, dafs noch jetzt Tiger, ganz den indischen ähnlich, von Zeit zu Zeit in Sibirien bis in die Breite von 53 Graden gefunden werden und dafs der Königstiger, den wir ein Thier der heifsen Zone zu nennen gewohnt sind, in einer Ausdehnung von 40 Breitengraden zu beiden Seiten des Aequators lebt und im Sommer zuweilen Streifzüge von hundert und mehr Meilen gegen Norden macht. Wie leicht konnte es geschehn, dafs einzelne dieser Thiere bis zu jenen hohen Breiten gelangten und dann durch einen Erdfall oder durch sonst ein aufsergewöhnliches Ereignifs in dem ewigen Eise jener Gegenden ihren Tod und zugleich, von diesem Eise umschlossen, ihre Erhaltung gegen die Verwesung gefunden haben.

Wenn in der Vorzeit die Temperatur an der Oberfläche der Erde, in der Nähe der Pole, auch nur so grofs gewesen ist, wie sie jetzt in der Mitte Deutschlands ist (und sie war ohne Zweifel noch viel gröfser), so konnten daselbst jene dickhaarigen Pachydermen (Dickhäuter), wie sie Cuvier nennt, wohl ohne Hindernifs leben und wohnen. Wenn nun in jener Zeit, wo die erste Eisbildung auf der Oberfläche unserer Erde begann, durch irgend eine Katastrophe, durch ein Erdbeben, durch eine Senkung des Küstenlands in Sibirien, durch eine Fluth von den Polargegenden gegen Süden, das Eis in grofsen Massen südwärts geführt oder an die Oberfläche der Erde gebracht wurde, so ist es wohl nicht unwahrscheinlich,

dafs darin jene Pachydermen ein schnelles Grab gefunden haben. Vielleicht war dieses dieselbe Katastrophe, die den Küstenländern der Ostsee die erratischen Blöcke Skandinaviens zuführte und die die Steingebilde Schwedens bis in die Niederungen von Polen gebracht hat. In der That findet man nach Goldfuss in Graudenz ganz dieselben Versteinerungen, die man in Gothland antrifft. Jene merkwürdigen, weit zerstreuten Blöcke an der Küste der Ostsee sind offenbar von Nord gen Süd gekommen, und in Nordamerica finden sich ähnliche Blocklager, die offenbar denselben Weg genommen haben. Eine solche locale, wenn gleich weit verbreitete Ueberschwemmung von Norden nach Süden, die das ganze nördliche Sibirien mit Eisschollen bedeckte, könnte dieses Land wohl auch bedeutend abgekühlt haben, ohne eine allmälige Abnahme der Temperatur der Erde überhaupt oder auch eine plötzliche Umänderung in der Richtung der Erdaxe anzunehmen, von welcher letztern sich doch kein nur irgend wahrscheinlicher Grund angeben läfst. Zwar hat man das Vorkommen jener fossilen Ueberreste tropischer Thiere und Pflanzen in höhern Breiten oft genug schon einer Ueberschwemmung zugeschrieben, die man aber nicht von Nord, sondern von Süd nach Nord kommen und auf diesem Wege eben jene tropischen Erzeugnisse mit sich nach Norden führen liefs. Pallas hat als einer der Ersten diese Meinung aufgestellt und sie durch die Abdachung der Bergketten des mittleren Asiens gegen Norden zu beweisen gesucht. Allein es scheint geradezu unmöglich, dafs, mitten unter den Zerstörungen einer solchen Fluth, jene so grofse Strecken mit fortgerissenen Thiere so wenig an ihren Körpern gelitten und nun in ganz unversehrtem Zustande ihre ruhige Lagerstätte in Sibirien gefunden haben sollen. Wie soll man aber durch eine solche Hypothese die weitverbreiteten unterirdischen Wälder erklären, deren Bäume zwar ebenfalls einer wärmeren Zone angehören, deren Stämme aber alle senkrecht und ganz in der Ordnung stehn, die sie noch lebend eingenommen haben müssen?

Man hat gegen die anfängliche hohe Temperatur der Erde oft die Einwendung gemacht, dafs eine so grofse Hitze das Meer und alles Wasser der Erde in Dämpfe verwandelt haben müfste. Allein Mitscherlich zeigte, dafs mit der Annahme einer hohen Temperatur zur Zeit der Schöpfung der Erde die

Existenz des Wassers auf derselben sehr gut vereinbar ist. Ohne Zweifel mufste damals ein grofser Theil des Wassers in gasförmigem Zustande die Erde umgeben, aber unter dem gewaltigen Drucke einer solchen Wassergas-Atmosphäre konnte das Wasser im liquiden Zustande, wenn auch bis zum Glühen erhitzt, sehr wohl bestehn. Eine solche Atmosphäre konnte nur in der ersten Nähe an der Oberfläche der Erde sich bilden, da in gröfsern Höhen, in den kälteren Regionen des Weltraums, die Wasserdämpfe einer solchen Atmosphäre schnellen und immerwährenden Zersetzungen und Condensationen ausgesetzt seyn mufsten. Sonach war in jener dunklen Vorzeit unsere Erde ringsum in einen dichten Nebel eingehüllt, aus welchem unaufhörlich wässerige Niederschläge erfolgten, welche, kaum die Oberfläche der noch so heifsen Erde berührend, sofort in Dämpfe verwandelt und in jene Atmosphäre wieder hinaufgeschickt wurden. In dieser Nebelumhüllung (vielleicht der Zeit der Finsternifs, die nach der Genesis sich über die neugeschaffne Erde verbreitete) mufste die Erde so lange verbleiben, als die Wirkung der Sonnenstrahlen nicht durch diese dichte Dampfhülle der Erde dringen konnte. Damals war demnach die Sonne für die Erde gleichsam noch gar nicht da, und ebenso konnte auch der Wärmeverlust der Erdoberfläche durch Ausstrahlung, jener dichten Umhüllung wegen, nur unbedeutend seyn. Dennoch mufste durch den immer wechselnden Zustand von Verdunstung des Wassers auf der Oberfläche der Erde und von Condensation des Wassergases in den höheren Gegenden beständig eine grofse Menge Wärme in den diese Hülle umgebenden Weltraum sich zerstreuen und dadurch die Temperatur der Oberfläche der Erde, so hoch dieselbe auch anfangs gewesen war, allmälig bis etwa zu der Siedehitze des Wassers herabsinken. Zu dieser Zeit mochte jene dichte Nebelhülle angefangen haben sich zu zerstreuen, so dafs die Erdoberfläche der Wirkung der Sonnenstrahlen zugänglich werden konnte, wo dann, als erste Folge derselben, die Verschiedenheit der Klimate hervortrat, die von der Lage der einzelnen Theile der Erdoberfläche gegen die Sonne abhängen. Wenn in den frühern Zeiten die Erde nur sehr langsam und gleichförmig nach ihrer ganzen Ausdehnung sich abkühlte, so wurde jetzt diese Abkühlung in den Polargegenden wegen des Einflusses der Sonne viel ra-

scher, als nahe am Aequator. Ob zu dieser Zeit schon organisches Leben auf der Erde gefunden wurde, ist schwer zu entscheiden. Wir sehn noch jetzt Pflanzen und selbst Thiere in sehr hohen Temperaturen leben[1]. Aber nicht sowohl diese hohe Temperatur, als die immer wiederkehrenden Kämpfe der Elemente in jener Zeit werden aller organischen Entwickelung feindlich entgegen gestanden haben. Unsere Vulcane und Erdbeben und unsere Ueberschwemmungen, so verheerend sie auch uns erscheinen, mögen doch gegen die ähnlichen Ereignisse jener grauen Vorzeit, in Beziehung auf ihre Intensität und auf ihre Ausdehnung, nur als ganz verschwindend zu betrachten seyn. Unter jenen gewaltigen Kämpfen der Elemente wurden nicht nur ganze Geschlechter von Pflanzen und Thieren, sondern mehr als einmal die ganze Organisation der Oberfläche der Erde vertilgt, und so oft in den sparsamen Jahren der Ruhe das Leben aus dem Moder der jüngst zertrümmerten Welt sich wieder mühsam hervorwand, so oft wurde auch die junge Welt wieder von neuen Fluthen verschlungen oder von neuen unterirdischen Flammen verzehrt, wie wir jetzt noch in den über einander liegenden Trümmern nicht eines, sondern vielleicht unzähliger vorweltlicher Organismen die Spuren jener furchtbaren und immer wiederkehrenden Zerstörungen erblicken.

Sonach haben wir zwei wesentlich verschiedene Perioden der Ausbildung unserer Erde erhalten. Die erste Periode beginnt mit der Entstehung der Erde aus ihrem chaotischen Zustande. In diesem Zeitraume war die Erde noch mit einer der Sonne undurchdringlichen Dunsthülle umgeben, in wel-

---

1 Sonnerat und Prevost sahen den *Vitex Agnus castus* an einem warmen Bache, dessen Temperatur + 69° war, noch fröhlich wachsen. Die Ufer dieses Baches waren mit grünendem Rohr bedeckt und in dem Wasser selbst lebten mehrere Fischarten. Die Oscillatorien leben in heifsen Quellen von 50 bis 60° R. Dunbar fand in den vereinigten Staaten Nordamerica's in Quellen von 40 bis 50° noch Muscheln leben. In den warmen Bädern von Manilla leben Fische in einer Temperatur von 67°. Auch in den Karlsbader Thermen finden sich Infusorien. Wenn daher jetzt noch Pflanzen und Thiere in so hohen Temperaturen gedeihn, warum sollen wir nicht dasselbe auch von den längst untergegangenen Organismen der Vorwelt, die dazu vielleicht noch viel geeigneter waren, erwarten dürfen?

cher, so wie in der ganzen Erde selbst, in dem eigentlichen Kern jener Hülle, wahrscheinlich eine fast überall gleichförmig vertheilte und sehr hohe Temperatur herrschte. Die zweite Periode begann mit der allmäligen Aufklärung jener düstern Hülle, die nun den Sonnenstrahlen ihren Weg bis zur Erdoberfläche bahnte, wodurch der erste Grund zu der Verschiedenheit der Klimate gelegt wurde. Diese Periode endete mit der Zeit, wo die innere Erdhitze aufhörte, unmittelbar auf die Oberfläche der Erde einzuwirken, und wo die Temperatur dieser Oberfläche beinahe allein von der Einwirkung der Sonne abhängig wurde. In diese Periode fällt die Bildung aller jener grofsartigen Formationen von der Grauwacke bis zu den sogenannten tertiären Gebirgen, in welchen man so viele organische Reste und Versteinerungen vorweltlicher Pflanzen und Thiere findet, deren Geschlechter vielleicht nur kurze Zeit gelebt haben, um wieder nachfolgenden Schöpfungen Platz zu machen, die ebenfalls durch die immer wiederkommende Revolution untergehn mufsten. Diesen beiden Perioden, deren jede Jahrtausende umfassen mochte, folgte endlich die dritte noch gegenwärtige, in welcher Ruhe und Gleichgewicht unter den bisher auf der Oberfläche der Erde kämpfenden Kräften vorherfschend wurde, wo die klimatischen Verhältnisse immer entscheidender hervortraten, wo die sich über die ganze Erde verbreitenden Geschlechter der Pflanzen und Thiere einen festern Bestand und eine gesicherte Dauer erhielten und wo endlich auch das feinste und höchste Gebilde der irdischen Organisation, wo der Mensch entstanden ist. Denn er war dieser letzten Zeit aufbehalten, da er in den wilden Kämpfen der Elemente, in den beiden früheren Perioden, auf keinem Puncte der Erde eine seiner Bestimmung angemessene Stelle finden konnte. Das Ende dieser dritten Periode kann man in die Zeit setzen, wo auch der innere Kern der Erde bis zur Temperatur der Oberfläche derselben abgekühlt seyn wird.

Die Zeitdauer dieser drei Perioden anzugeben fehlen uns alle Mittel. So viel aber scheint gewifs, dafs diese Perioden ungeheure Zeiträume umfassen, von denen es vielleicht unseren späten Nachkommen gelingen wird, sich wenigstens einen der Wahrheit angenäherten Begriff zu machen. Wir sind gezwungen, uns an die kurze Periode, die wir unsere Men-

schengeschichte nennen, und an die wenigen Thatsachen zu halten, die uns aus den ersten Zeiträumen dieser Geschichte aufbehalten sind. Die alten Gebäude, Tempel und Pyramiden, die wir in Indien, Aegypten und selbst in dem neuen Continente gefunden haben, gehören vielleicht einer Epoche an, die ein oder selbst mehrere Jahrtausende von uns entfernt ist. Aber, so ehrwürdig sie auch durch ihr hohes Alterthum seyn mögen, sie sind stumm und unvermögend, uns über die Verhältnisse der Temperatur der Erde zu jener Zeit aufzuklären. Eines der interessantesten dieser Denkmäler der Vorzeit ist der Tempel zu Denderah (dem Tentyris der Alten) in Oberägypten, vorzüglich wegen des grofsen *Thierkreises*, der in seinem Innern angebracht war und der nun, wie bekannt, nach Paris gekommen ist. Aber weit entfernt, uns über die hier aufgestellten Fragen Aufschlufs zu geben, ist er nicht einmal geeignet, uns über das Alter jenes Tempels zu belehren, obschon man ihn anfangs ganz geeignet zu dieser Belehrung gehalten hatte. Alles kommt nämlich bei dieser Altersbestimmung des Monuments darauf an, in welchem der zwölf Zeichen des Thierkreises zur Zeit der Erbauung des Tempels der Frühlings- oder der Solstitialpunct der Sonnenbahn gefallen ist. Allein wie soll man dieses mit Bestimmtheit aus einem Kreise finden, dessen einzelne Theile keine auf jene beiden Puncte sich beziehende Bezeichnung haben? Und wenn eine solche Bezeichnung noch gefunden werden sollte, wer steht uns dafür, dafs die ägyptischen Priester, deren Lust mit einem hohen Alterthume zu prahlen uns aus dem Herodot bekannt ist, durch dieses Monument wirklich die Zeit der Erbauung des Tempels und nicht absichtlich eine viel frühere, vielleicht eine ganz imaginäre Epoche angeben wollten? Man erblickte nämlich beim Eintritte in diesen Tempel, über dem Thore desselben, das Sternbild des Löwen und zog daraus sofort den Schlufs, dafs zur Zeit der Errichtung dieses Tempels die Sonne im Anfang des Jahrs in diesem Zeichen des Löwen gestanden haben müsse. Das *Ruraljahr* der alten Aegyptier fing aber mit dem Sommersolstitium an, zu welcher Zeit nämlich der Nil auszutreten pflegt. Nimmt man daher aus Mangel an nähern Nachrichten die Mitte des Löwen für denjenigen Punct an, in welchem die Sonne im Anfang des Jahres stand, so war das Solstitium zu jener Zeit volle 60

Digitized by Google

Grade östlicher als in unsern Tagen; da aber die Präcession der Nachtgleichen in einem Jahrhundert 1,3947 Grade beträgt, so würde aus dieser Voraussetzung das Alter jenes Tempels von

$$\frac{60}{0{,}01395} \text{ oder } 4300 \text{ Jahren}$$

folgen, so dafs derselbe gegen das Jahr 2470 vor Chr. G. erbaut worden wäre. Würde man aber den Anfang oder das Ende dieses Sternbildes für den entscheidenden Punct nehmen, so würde das Alter des Tempels $\frac{15}{0{,}01395} = 1075$ Jahre gröfser oder kleiner werden. Biot, der sich mit diesem Gegenstande sorgfältig beschäftigte, wollte mit grofser Sicherheit gefunden haben, dafs die Errichtung dieses Tempels in das Jahr 700 vor Chr. G., also in die Zeit der Erbauung Roms fällt. Andere fanden andere, oft um viele Jahrhunderte verschiedene Zahlen und das Ende aller dieser Untersuchungen ist, dafs wir das Alter jenes Gebäudes nicht angeben können. Nicht besser geht es mit dem berühmten Tempel zu *Latopolis*, welcher das älteste jener ägyptischen Gebäude seyn soll und dessen Erbauung Fourier durch seine, ebenfalls auf unverläfsliche Hypothesen gestützten Rechnungen in das Jahr 2500 vor Chr. G. setzt. Allein früher schon fand Dupuis[1] für gut, ihn um volle 12500 Jahre älter anzunehmen und seine Erbauung auf d. J. 15000 vor Chr. G. zu setzen. Da er aber später das Unzulässige dieses Resultats selbst einsah, so beliebte er seine anfängliche *Hypothese* dahin abzuändern, dafs in diesem Thierkreise nicht sowohl der Ort der Sonne zur Zeit der Solstitien, als vielmehr der ihr gegenüberstehende Punct der Ekliptik angezeigt werden sollte. Durch diese kleine Aenderung wurde das gesuchte Alter des Tempels um eine halbe Revolution der Aequinoctien oder um 13000 Jahre vermindert, so dafs also jetzt die Erbauung des Tempels zu Latopolis auf das Jahr 2000 v. Chr. G. oder auf die Zeit von Nimrod und Abraham zurückgebracht wurde. Allein auch diese um volle 130 Jahrhunderte reducirte Berechnung sollte vor den Nachfolgern des Dupuis keine Gnade finden und Champollion, so wie Letronne, die den Thierkreis dieses Tempels auf eine ganz andere

1 Origine des Cultes. T. III.

und mehr kritische Weise untersuchten, kamen durch die griechischen Aufschriften, die in jenen Tempeln gefunden wurden, zu dem von allen vorhergehenden sehr abweichenden Resultate, dafs dieser Tempel erst zur Zeit des Kaisers Trajan (117 J. nach Chr. G.) erbaut worden sey. Die grofse Verschiedenheit dieser Altersbestimmungen erregt den Verdacht, dafs alle jene Denkmäler wohl nicht der Art sind, um aus ihnen die Zeit ihrer Entstehung auch nur mit einiger Sicherheit abzuleiten, und dafs die meisten der über sie oft mit vieler Emphase aufgestellten Behauptungen auf blofse Meinungen und Ansichten gebaut sind, welche, bei dem Mangel aller andern Hülfsmittel, weder eines strengen Beweises, noch auch einer eigentlichen Widerlegung fähig sind. Wenn uns aber diese Denkmäler der Vorzeit nicht einmal über ihr Alter aufklären können, so werden wir noch viel weniger von ihnen genügende Aufschlüsse über die Temperatur erwarten dürfen, die zur Zeit ihrer Entstehung auf der Oberfläche der Erde geherrscht haben mag, und es bleibt uns daher nichts übrig, als zuzusehn, ob wir in den uns hinterlassenen Schriften der Alten nicht einige Belehrung über diesen Gegenstand schöpfen können.

E. Historischer Beweis, dafs die Temperatur der Erdoberfläche seit den uns bekannten ältesten Zeiten sehr nahe dieselbe geblieben ist.

Wir haben oben gesehn, dafs die grofse Hitze, welche jetzt noch im Mittelpuncte der Erde statt haben mag, auf die Oberfläche derselben schon seit sehr langer Zeit keine merkliche Einwirkung mehr haben kann. Diese wichtige Kenntnifs verdanken wir dem schon oft erwähnten Fourier, der sie zuerst nicht blofs aufgestellt, sondern durch Rechnungen bewiesen hat. Vor ihm dachten die berühmtesten Naturforscher ganz anders über diesen Gegenstand, Mairan, Büffon, Bailly u. A. gaben die Wärme, die jährlich aus dem Innern der Erde bis zur Oberfläche derselben vordringt, für Mitteleuropa im Sommer 29mal und im Winter 400mal gröfser an, als diejenige, welche die Erdoberfläche von dem unmit-

telbaren Einflusse der Sonne erhält. Nach diesen Physikern spielt daher die Sonne in Beziehung auf die Erwärmung der Oberfläche der Erde nur eine sehr kleine Rolle gegenüber dem grofsen Feuerherde, der im Mittelpuncte der Erde aufgestellt ist. Diese Idee wurde mit allgemeinem Beifall aufgenommen und nach allen Seiten mit einer Art von Pomp entwickelt. Die Denkschriften der Akademie von Paris aus jener Zeit sind voll von diesen Entwickelungen und selbst eigene gröfsere Werke suchten den Triumph der neuen Hypothese zu vermehren, wie z. B. die bekannten *Epoques de la nature* von Büffon, die *Lettres de* Bailly à Voltaire über den Ursprung der Wissenschaften, über die Atlantis und das hochgelehrte Urvolk in der Mitte Asiens, aus welchem alle Cultur und Wissenschaft ausgeströmt seyn soll. Allein die Rechnungen Fourier's machten dem Roman und allen seinen Luftschlössern ein schnelles Ende. Fourier bewies auf eine nicht weiter zu bezweifelnde Art, dafs die Wärme, welche die Erdoberfläche von der Einwirkung der Sonne erhält, durch die Wirkung jenes Centralfeuers der Erde höchstens um den dreifsigsten Theil eines Grades nach R. erhöht werden könne, dafs also, im geraden Widerspruche mit seinen Vorgängern, der Einflufs jenes Centralfeuers gegen den Einflufs der Sonne auf die Temperatur der Erdoberfläche ein ganz unmerklicher nnd völlig verschwindender genannt werden mufs. Diese Oberfläche, die im Anfange aller Dinge wahrscheinlich im Zustande der Glühhitze gewesen ist, hat sich daher im Laufe vieler Jahrtausende so weit abgekühlt, dafs sich keine weitere merkbare Spur ihrer ehemaligen hohen Temperatur erhalten hat und dafs sie jetzt ganz kalt seyn, oder vielmehr, dafs sie jetzt die Temperatur der Weltraums haben müfste, wenn sie nicht einen immer neuen Wärmezuflufs von der Sonne erhielte. Jene grofse Hitze, die der Oberfläche der Erde auch noch in unseren Tagen vom Mittelpuncte derselben zugeschickt werden sollte, war also nur ein Traum, so wie die fürchterliche Erstarrung der Erde, die nach Büffon's Prophezeiung eintreten mufs, wenn einmal jenes Centralfeuer erloschen seyn wird, ein blofser Roman gewesen ist, und beide

— — like the baseless fabric of a vision
Leave not a wrak behind.

Shakesp.

Wie dieses Centralfeuer, ebenso kann auch die Temperatur des Weltraums keinen bedeutenden Einfluſs auf die Oberfläche der Erde äuſsern. Denn welchen Zweifel man auch über den Grad dieser Temperatur, wie ihn Fourier angiebt, hegen mag, so darf doch die Beständigkeit dieser Temperatur des Weltraums nicht weiter bezweifelt werden, wenn sie anders, wie sich Alles zu dieser Annahme vereinigt, ihren Grund in der Wärmestrahlung der sämmtlichen Gestirne des Weltalls hat.

Nachdem so jenes Centralfeuer und die Temperatur des Weltraums von aller Einwirkung auf die Oberfläche der Erde ausgeschlossen ist, so bleibt, so lange die leuchtende und wärmende Kraft der Sonne keine Aenderung erleidet, nichts mehr übrig, als locale Veränderungen der Erdoberfläche selbst, aus denen sich etwa eine Ab- oder Zunahme in der Temperatur dieser Oberfläche erklären lieſse. Wenn groſse Strecken ihrem wilden Zustande entrissen und der Cultur, dem Ackerbaue wieder gegeben, wenn dichte Wälder gelichtet und weitverbreitete Sümpfe ausgetrocknet werden u. s. w., so wird dadurch das Klima und die Temperatur der Gegend allerdings gemildert werden. Wenn wir daher von der groſsen Kälte lesen, die in Deutschlands finstern Wäldern zur Zeit des Tacitus geherrscht haben soll, und wenn wir diese Kälte sammt ihrer Hauptursache, sammt jenen Wäldern, nicht mehr finden, so werden wir daraus wohl auf eine Milderung des Klima's in Deutschland, aber nicht auf eine Erhöhung der Temperatur der ganzen Erdfläche schlieſsen dürfen. Auch diese localen Veränderungen eines Klima's müssen daher, so wie die Einwirkung jenes Centralfeuers, ausgeschlossen werden, wenn wir aus historischen Nachrichten über die Abnahme der Temperatur der ganzen Erdfläche uns aufzuklären suchen. Giebt es aber ein solches Land, in welchem seit den ältesten Zeiten keine solchen localen Veränderungen von Bedeutung vorgegangen sind, giebt es ein Land, dessen physischer Zustand heutzutage uns noch im Allgemeinen denselben Anblick gewährt, wie vor drei oder vier Jahrtausenden, und haben wir verläſsliche Nachrichten über die Temperatur, die in jenem Lande vor dieser langen Zeit geherrscht hat?

Palästina ist dieses Land und die Nachrichten, die genauen schriftlichen Nachrichten, die wir von der früheren

Temperatur dieses Landes haben, sind über dreitausend Jahre alt. Wir schöpfen diese Nachrichten aus dem ältesten aller auf uns gekommenen Bücher, aus den Schriften des Moses, der wenigstens 1500 Jahre vor Chr. G. gelebt hat. Welche Nachrichten enthalten aber die fünf Bücher Mosis über die Temperatur des jüdischen Landes zu seiner Zeit? Thermometrische Beobachtungen allerdings nicht, da dieses Instrument in jenen Zeiten noch ganz unbekannt war, aber doch andere Nachrichten, aus denen sich, wie wir bald sehn werden, die Temperatur jenes Landes vor 3300 Jahren mit einer Sicherheit schliefsen läfst, die uns kaum über einen Grad unseres neuen Thermometers in Zweifel lassen wird. Und dieses ist allerdings viel mehr, als wir bei Untersuchungen solcher Art noch mit Bescheidenheit verlangen können.

Bemerken wir zuerst, dafs, nach ganz sichern uud übereinstimmenden Beobachtungen aller neuern Reisenden, die Cultur der Weinberge in allen den südlichen Gegenden aufhört, deren mittlere Jahrestemperatur + 18° R. ist, und dafs ebenso die Cultur der Dattelbäume im Grofsen in den südlichen Gegenden anfängt, deren mittlere Temperatur + 17° R. ist, so dafs man demnach + $17\frac{1}{2}$° R. für die mittlere Temperatur aller der Länder annehmen kann, wo der Bau der Datteln anfängt und wo der Weinbau aufhört. Zwar kann man etwas südlicher von diesen Ländern noch einzelne Weinstöcke und etwas nördlicher davon noch Palmbäume finden, aber jene Weinstöcke, etwa zur Lust oder der Seltenheit wegen in Gärten gezogen, bilden noch keinen Weinbau, so wie man wohl auch in Palermo und Catanea in Sicilien bei einer Temperatur von 15° R. einzelne Palmbäume trifft, deren Früchte aber nur selten reif werden und auch dann noch nicht geniefsbar sind. Wie verhielt sich nun der Bau dieser beiden Pflanzenarten in Palästina vor 3300 Jahren? Die Bücher Mosis geben uns darüber sehr genaue Nachrichten und die Schriften der Griechen und Römer ermangeln nicht, sie auf das beste zu bestätigen. Die Stadt Jericho wird in den Büchern des alten Bundes die *Palmenstadt* genannt. Diese Schriften sprechen von den Palmwäldern Debora's, das zwischen Rama und Bethel lag, und von denen, die sich längs dem Jordan hinzogen. Die Juden afsen die Datteln und bereiteten sie als getrocknete Früchte für ihren Tisch; sie zogen auch eine Art

Honig und selbst geistige Getränke aus diesen Früchten. Die alten hebräischen Münzen zeigen uns noch Palmbäume, die voll von Datteln hängen. Auch Plinius, Theophrast, Tacitus, Josephus, Strabo u. A. gedenken der Palmwälder Palästina's. Diese Bäume müssen daher in Judäa sehr häufig gewesen seyn. Ganz dasselbe gilt auch vom Weinstocke. Die Juden cultivirten diese Pflanze, und zwar nicht bloſs, um gelegentlich eine Traube zu essen, sondern um aus ihren eigentlichen Weinbergen ihren Wein zu bereiten. Wer erinnert sich hier nicht jener groſsen Traube, welche die von Moses abgesandten Männer aus dem Lande Kanaan holten, und die so schwer war, daſs sie nur von zwei Menschen an einer Stange getragen werden konnte? In mehr als zwanzig Stellen des alten Testamentes wird der Weinberge Palästina's Erwähnung gethan. Das *Tabernakelfest* folgte unmittelbar auf die *Weinlese*. Auch Strabo und Diodor von Sicilien gedenken der Weine Judäa's mit vielem Lobe und die Traube wird, so wie der Palmbaum, sehr oft auf den hebräischen Münzen als das Symbol ihres vom Himmel mit so edlen Früchten gesegneten Landes gefunden. Palästina war daher in jener so viele Jahrhunderte von uns entfernten Zeit eines derjenigen Länder, in welchen die Dattelpalme anfing und in welchen der Weinstock aufhörte, im Groſsen cultivirt zu werden. Denn nördlich von diesem Lande am Libanon und in Sibirien trifft man keine Palmwälder und südlich in Arabien keine Weingärten mehr. Mit andern Worten: die mittlere Temperatur Palästina's vor 3300 Jahren war sehr nahe $+ 17\frac{1}{2}$ Grad R. Seitdem ist dieses Land weder durch Ausrottung weit verbreiteter Wälder, noch durch Austrocknung von Sümpfen, noch durch andere Ereignisse, so viel uns bekannt, in seiner physischen Beschaffenheit bedeutend verändert worden. Und welches ist jetzt in unseren Tagen die mittlere Temperatur dieser Gegenden? Leider fehlen uns directe thermometrische Beobachtungen der neuern Zeit aus jenem Lande. Aber wir können sie glücklicherweise durch andere Beobachtungen aus dem benachbarten Aegypten ersetzen.

Die mittlere Temperatur Cairo's ist 17,6 R. Jerusalem liegt 1,6 Grad nördlicher als Cairo. Ein Grad Breite giebt in jenen Gegenden 0,25 Grad Aenderung des Thermometers, also ist die mittlere Temperatur Jerusalems $0^{\circ},4$ unter der von

Cairo oder die Temperatur Jerusalems ist 17°,2. Oben fanden wir dafür 17°,5. *Die mittlere Temperatur Judäa's hat sich demnach seit 3300 Jahren nicht merklich geändert.*

Damit stimmen auch andere Beobachtungen sehr gut überein. Die Cultur des Getreides z. B., die in Palästina zu jener Zeit sehr im Betriebe war, läfst auf eine Temperatur von nicht mehr als 19 bis 20° R. schliefsen. Die daselbst so häufigen Oelbäume zeigen, dafs diese Temperatur wenigstens nicht unter 17 bis 18° seyn konnte. Das Mittel aus beiden ist $18\frac{1}{2}$, nur einen Grad höher als zuvor. Die Juden feierten ihr Tabernakelfest oder ihre Weinlese im October und auch heutzutage noch wird in diesem Lande die Weinlese am Ende Septembers oder im Anfange des October gehalten. Die Getreideernte wurde zu Mosis Zeit von der Mitte Aprils bis zu Ende Mais gehalten. Neuere Reisende haben im südlichen Theile Palästina's die Gerste um die Mitte Aprils reifen gesehn. Nahe bei Acre war sie sogar schon am 13ten Mai zur Ernte geschickt, und in Aegypten, wo die Temperatur etwas höher ist, schneidet man jetzt noch das Getreide am Ende Aprils. Alles vereinigt sich daher zu der Behauptung, dafs in der langen Folge von 33 Jahrhunderten die Temperatur Palästina's sich nicht merklich geändert haben könne. Da sich aber die physische Beschaffenheit dieses Landes seit dieser Zeit ebenfalls nicht geändert hat, da ferner, wenn von der Temperatur der Oberfläche der Erde die Rede ist, nach dem Vorhergehenden alle Einwirkung des Centralfeuers oder der Temperatur des Weltraums von selbst wegfällt, so kann sich auch die einzige noch übrig bleibende Ursache, die eine Temperatur-Veränderung der Erdoberfläche hervorbringen könnte, so kann sich auch die leuchtende und erwärmende Kraft der Sonne in dieser Zeit nicht geändert haben.

Die Leser werden die Hinzufügung dieses letzten Schlusses von der unveränderten Wirkung der Sonne nicht für überflüssig halten, wenn sie bedenken, dafs wir schon mehrere Fixsterne, und das heifst doch wohl mehrere Sonnen, am Himmel kennen gelernt haben, deren Licht allmälig schwächer geworden und endlich ganz erloschen ist. Dafs dieses von dem Fixstern unseres Planetensystems nicht zu befürchten ist, dafs wenigstens in den letzten 3300 Jahren keine Abnahme seiner erwärmenden Kraft bemerkt werden konnte, dafür giebt

uns das Vorstehende eine Versicherung, die wenigstens ebenso gewifs ist als die, welche wir für das Nichtwiederkommen einer allgemeinen Ueberschwemmung aus demselben alten Buche erhalten haben [1].

Es wurde bereits angeführt, dafs das Thermometer erst zu Ende des 16. Jahrhunderts erfunden worden ist und dafs man daher ältere Beobachtungen als die vor 240 Jahren angestellten nicht anführen kann. Allein auch diejenigen, welche man in den ersten 70 bis 80 Jahren dieser Periode angestellt hat, sind verloren gegangen. Glücklicherweise aber wurden mehrere derselben vor einigen Jahren wieder aufgefunden, und durch sie sind wir in den Stand gesetzt, die Temperatur zweier wenigstens zwei Jahrhunderte von einander entfernten Epochen genau zu bestimmen. Gleich nach der Erfindung des Thermometers in Florenz liefs die Akademie del Cimento eine grofse Menge dieser nützlichen Instrumente verfertigen und in den verschiedenen Städten Italiens vertheilen; zugleich forderte Ferdinand II., Grofsherzog von Toscana, die Klöster seines Landes auf, an den neuen Beobachtungen eifrig Theil zu nehmen. Auf diese Weise hatte man in wenigen Jahren eine grofse Anzahl von thermometrischen Beobachtungen in Florenz zusammengebracht, die aber alle wieder zu der Zeit zerstreut wurden und verloren gingen, als Leopold von Medicis, der einen Cardinalshut wünschte, dem römischen Hofe seine Accademia del Cimento zum Opfer bringen mufste. Einige wenige Bände dieser Beobachtungen wurden jedoch später durch einen wunderbaren Zufall wieder aufgefunden, nämlich die Beobachtungen des Pater Raineri aus dem Kloster des Angeli in Florenz; allein man sah bald, dafs sie ganz unbrauchbar waren. Die Thermometer jener frühern Zeit hatten nämlich keine fixen Puncte. Weder der Gefrier- noch der Siedepunct des Wassers war darauf angegeben, und sonach waren diese Beob-

---

1 Aehnliche Untersuchungen hat Arago, von dem wir das Vorhergehende entlehnten, auch für andere Gegenden Europa's und Asiens ausgeführt. M. s. darüber sein Mémoire in dem Annuaire pour l'an 1834. p. 209 u. s. w. Ueberall, wo keine localen Einwirkungen auf den Boden statt gehabt haben, kommt er zu dem Resultate, dafs die Winter der Vorzeit keineswegs strenger gewesen sind, als zu unserer Zeit.

achtungen, von denen man sich anfangs so viel versprochen hatte, mit denen unserer neuern Thermometer nicht weiter zu vergleichen. So blieb die Sache bis zum Jahre 1828, wo man in Florenz eine Kiste entdeckte, die unter mehrern alten Instrumenten auch mehrere Thermometer der Akademie del Cimento enthielt, die sämmtlich in 50 gleiche Theile getheilt waren. Wilhelm Libri, dem diese Thermometer zur Untersuchung übergeben wurden, und sie konnten nicht leicht in bessere Hände kommen, überzeugte sich zuerst von ihrem einstimmigen Gange und suchte dann, durch eine sehr grofse Anzahl von Beobachtungen, die er an diesen alten Instrumenten anstellte und mit den neuern Thermometern verglich, das Verhältnifs beider Arten von Instrumenten unter einander zu bestimmen. Er fand z. B., dafs

der Punct 0 des alten mit — 15° des achtzigtheil. Therm.
$13\frac{1}{2}$ - - - 0
50 - - - 44

übereinstimme. Dadurch war Libri in den Stand gesetzt, die in dem erwähnten Manuscripte enthaltenen sechszehnjährigen Beobachtungen Raineri's mit denjenigen Beobachtungen zu vergleichen, die in den letzten Jahren auf der Sternwarte zu Florenz angestellt wurden. Aus dieser Vergleichung zieht Arago das Resultat, dafs die Winter seit der Mitte des 17ten Jahrhunderts in Toscana wärmer und die Sommer im Gegentheile kühler geworden sind. Diese Aenderung der Temperatur der beiden Jahreszeiten ist allerdings nicht sehr bedeutend, kann aber doch von der Abholzung der Apenninen kommen, die damals ganz bewaldet waren und jetzt gröfstentheils nackt sind. Doch ist Arago seines Resultats noch nicht ganz gewifs, da Libri nur die Maxima und Minima der Temperatur eines jeden Monats gesucht hat, statt der sogenannten *mittleren Temperaturen*, auf die es hier eigentlich ankommt. Ein ähnliches Resultat findet Arago[1] für die meisten Gegenden Frankreichs. Auch hier nämlich scheinen die Sommer vor mehrern Jahrhunderten bedeutend wärmer gewesen zu seyn, als in unsern Tagen. Mehrere altadelige Familien in Vivarais zeigen noch Wirthschaftsbücher aus der Mitte des 16ten Jahrhunderts vor, in welchen von ergiebigen Weinbergen in

1 A. a. O. p. 229.

Digitized by Google

einer Höhe von 300 Toisen über dem Meere gesprochen wird. Gegenwärtig reift in dieser Gegend, selbst an den bestgeschützten Orten, auch nicht eine Traube, aufser an den tiefer liegenden Orten. Aus der Geschichte lernen wir, dafs die Hugenotten, als sie sich im J. 1552 nach der Stadt Macon (Breite 46° 18′) zurückzogen, sich daselbst den Muscatwein dieses Landes wohl schmecken liefsen. Jetzt findet man daselbst kaum so viele Muscattrauben, um davon einen Eimer Wein zu erzeugen. Kaiser Julian liefs sich während seines Aufenthalts in Gallien den Wein von Surene täglich auf die Tafel setzen. Dieser Wein steht noch jetzt im Rufe, aber in einem sehr üblen, da *vin de Surene* so viel als Krätzer heifst, ein Sprichwort, das jeder Franzose sehr wohl kennt. Der König Philipp August wollte die gesammten europäischen Weine kosten, um daraus den besten für seine Tafel auszuwählen. Unter andern setzte man ihm auch den Wein von Etampes (Br. 48° 25′) und von Beauvais (Br. 49° 26′) zur Probe vor. Sie wurden zwar beide verworfen, aber wie hätte man ihm einen solchen Wein zum Concurse vorschlagen können, wenn er so elend gewesen wäre, wie heutzutage alle Weine aus dem Departement de l'Oise sind, ein Departement, das jetzt als die äufserste Nordgrenze des französischen Weinbaus betrachtet wird. Aehnliches scheint auch für England zu gelten. Der Kaiser Probus forderte die Gallier und Spanier zum Weinbau auf und liefs ihnen Weinstöcke aus Italien zuführen. Dieselbe Gunst geruhte er später auch auf England auszudehnen. Diese Gunst würde aber nur Spott gewesen seyn, wenn die Sommer in England damals nicht wärmer als jetzt gewesen, wenn der Weinbau in England damals im Grofsen ebenso unmöglich gewesen wäre, als heutzutage. In der That sehn wir aus mehrern alten Chroniken, dafs vormals in einem grofsen Theile Englands die Weinberge das Land bedeckten, während man jetzt nur in Gärten und unter den vortheilhaftesten Umständen die Traube zur Reife bringen kann.

Wenn sich so diese und viele andere Angaben dahin vereinigen, dafs die Sommer der Vorzeit in vielen Gegenden Europa's wärmer gewesen sind, als heutzutage, welches ist die Ursache dieser auffallenden und beunruhigenden Erscheinung? In der Sonne ist sie nicht zu suchen, wie wir oben aus der Beständigkeit des Klima's in Palästina gesehn haben. Einige

Physiker wollen sie in dem Polareise finden, das sich seitdem losgemacht hat und weiter südwärts geschwommen ist, wo es sich angehäuft befindet. Es ist gewifs, dafs die Ostküste Grönlands gegen das Ende des 10ten Jahrhunderts, wo sie von einem isländischen Schiffer entdeckt wurde, vom Eise frei war, dafs die Norweger sich auf dieser Küste niedergelassen haben, dafs ihre Colonie daselbst noch im J. 1120 im blühenden Zustande war und mit Norwegen und Island einen beträchtlichen Handel trieb. Auch ist bekannt, dafs der Bischof Andrew, der 17te Vorsteher jener grönländischen Kirche, als er im J. 1408 von seinem Stuhle Besitz nehmen wollte, das Ufer der Insel nicht erreichen konnte, weil es ringsum von Eisfeldern besetzt war. Dieser Zustand scheint bis zum Jahr 1813 oder 1814 gedauert zu haben, wo sich diese Eisfelder zufällig öffneten und die Ostküste des Landes wieder gänzlich frei machten. Diese Eisfelder also, die sich seit dem 12ten Jahrhundert vom Pole bis zum Polarkreise, bis nach Lappland ausgedehnt hatten, sollen nach jenen Physikern die Ursache der Abkühlung unserer Sommer in den letzten Jahrhunderten gewesen seyn. Allein wenn jene weite Eisdecke, die vom Pol bis an die nördlichsten Küsten von Norwegen und Sibirien reichte, seit dem Jahre 1400 bis gegen 1814 ununterbrochen existirt haben soll, wie kann man die oben erwähnten wärmeren Sommer in Frankreich, die noch 150 Jahre nach der Bildung jenes Eisfeldes bestanden, erklären? Oder wie ging es zu, dafs die plötzliche Auflösung dieses Eisfeldes im J. 1814 seit vollen 24 Jahren bei uns weder in den Geschäften des Ackerbaus, noch selbst in dem mittlern Stande unserer Thermometer auch nur die geringste merkbare Aenderung hervorgebracht hat? Jene Erklärung unserer kühlern Sommer ist also offenbar nicht die wahre und wir müssen daher eine andere suchen.

Arago ist weit entfernt, den wahren Grund jener Erscheinung bei den Polen unserer Erde zu suchen, und er glaubt vielmehr, denselben ganz in der Nähe gefunden zu haben, nämlich in dem Zustande des Bodens der genannten Länder vor drei und mehr Jahrhunderten, verglichen mit dem gegenwärtigen Zustande desselben.

Das alte Frankreich z. B. war in jener früheren Zeit beinahe ganz mit dichten Waldungen bedeckt, mit Seen, Teichen

und grofsen Morästen, mit grofsen unbebaueten steppenartigen Flächen, und überdiefs von Flüssen nach allen Richtungen durchschnitten, die ohne Damm und künstliches Ufer bei jedem höhern Wasserstande austraten und die Gegenden ringsumher überschwemmten. Seitdem sind jene Waldungen ausgehauen oder doch nur gar zu sehr gelichtet worden, die stehenden Gewässer und Sümpfe sind verschwunden, die weiten Steppenebenen sind in Aecker, Wiesen und Weingärten verwandelt, mit einem Worte, der Boden Frankreichs hat an der Cultur seiner Bewohner auch seinen guten Theil genommen und ist dadurch ein ganz anderer geworden, als er vor vier und mehr Jahrhunderten war. Sollte die Ursache jener Veränderung des Klima's dieses Landes nicht in dieser Veränderung des Bodens liegen können? Diese Aenderungen beider Art sind allerdings nur sehr langsam und allmälig vor sich gegangen und uns daher weniger aufgefallen; allein wir kennen ein anderes Land, wo jene Veränderung des Bodens viel rascher fortgeschritten ist und wo daher auch die Umänderung des Klima's, wenn anders unsere Ansicht richtig ist, ebenso schnell, ebenso bemerkbar gewesen seyn mufs. Dieses Land ist Nordamerica. Wie man in der kleinen Welt, die Jupiter mit seinen vier Monden um sich führt, in wenig Jahren schon alle die Phänomene sich entwickeln sieht, deren Entfaltung in dem so viel gröfsern Sonnensysteme Jahrhunderte, Jahrtausende erfordert, so zeigt auch dieses Land seit kaum funfzig Jahren einen Aufschwung, der in den Ländern des alten Continents kaum in ebenso vielen Jahrhunderten bemerkt werden konnte. Unter unseren Augen, ohne auf die Berichte unserer Vorgänger zu warten, entwickelt sich eine rasche Zunahme der Bevölkerung, des Reichthums und der Cultur der Bewohner sowohl, als auch des Bodens, auf dem sie leben. Ungeheuere Waldungen sind abgetragen oder gelichtet worden, weitverbreitete Seeen haben einen Abzug durch Canäle erhalten, die gleich einem Netze das ganze Land nach allen Richtungen bedecken, Moräste sind ausgetrocknet, Flüsse eingedämmt und grofse Strecken von mehrern Hunderten von Quadratmeilen, früher Steppen und Wüsten, sind in bebautes Land umgeschaffen worden. Und wie hat sich bei allen diesen grofsen und raschen Aenderungen des Bodens das Klima dieses Landes verhalten? In den Provinzen der vereinigten Staaten

Digitized by Google

ist es allgemein angenommen, ist es schon in den Volksglauben übergegangen, dafs die Winter der neueren Zeit milder und die Sommer kühler seyen als vor funfzig Jahren, kurz dafs die Extreme der Temperatur im Januar und Julius nicht mehr so weit von einander verschieden sind, als sie es vor einem halben Jahrhundert waren. Dieselben Veränderungen des Klima's haben wir, aber nur langsamer, nach dem Vorhergehenden in Europa überall bemerkt, wo eine ähnliche Veränderung des Bodens vorgegangen ist. Sollen wir hier nicht auch denselben Zusammenhang zwischen diesen beiden Erscheinungen anerkennen, der sich uns dort, wo die Entwickelung der Folge aus ihrer Ursache rascher vor sich geht, gleichsam von selbst aufdringt? Die Americaner haben auch eine nicht minder grofse und merkwürdige Aenderung in der Richtung der Winde bemerkt, die an ihren Küsten statt haben. Ehemals schienen die Westwinde viel mehr vorzuherrschen, als in der neuern Zeit, wo die Ostwinde immer häufiger werden und auch tiefer in das Festland eindringen. Dieses Uebergewicht der Westwinde auf dem atlantischen Meere ist übrigens noch so grofs, dafs, im Mittel aus Erfahrungen von den sechs letzten Jahren, die Paketboote, die von Liverpool nach Neu-York fahren, zu ihrer Ueberfahrt volle 40 Tage gebrauchen, da sie gegen jenen Westwind steuern müssen, während ihre Zurückfahrt von America nach England auf demselben Wege nur 23 Tage dauert. Die Verminderung der Wälder und Sümpfe und die Urbarmachung des Bodens macht daher die Winter wärmer und die Sommer kühler, also das *Klima im allgemeinen milder*, aber nicht eben die *mittlere Temperatur* des Landes höher. Denn die jetzt gröfsere Wärme des Winters könnte leicht durch die ebenso gröfsere Kühle des Sommers wieder ausgeglichen werden, wodurch daher die mittlere Temperatur selbst keine Aenderung erleiden würde[1].

---

1 Vergl. Art. *Geologie*. Bd. V. S. 1334.

Digitized by Google

F. Extreme der Temperatur auf der Erdoberfläche.

Da in sehr heifsen und noch mehr in sehr kalten Ländern angestellte, lange fortgesetzte und genaue thermometrische Beobachtungen bisher noch selten sind, so wissen wir wenig über den höchsten und tiefsten Stand der Thermometer anzugeben, den dieses Instrument in den verschiedenen Gegenden der Erde zeigen mag, wo die Temperatur ihre beiden Extreme erreicht. Arago hat[1] das Vorzüglichste, was wir über diesen Gegenstand besitzen, zusammengestellt. Wir wollen hier das Merkwürdigste kurz anführen.

Die Beobachtungen, die Gmelin durch eine längere Zeit in Sibirien über die Temperatur dieses Landes angestellt hat, sind leider nicht sehr brauchbar, da er, wie jetzt ausgemacht ist, nicht bemerkt hatte, dafs das Quecksilber seines Thermometers bereits gefroren war, während er immerfort die Kälte auf — 31°,5 R., bei welcher bekanntlich dieses Metall gefriert, zu beobachten glaubte. Die übrigen älteren Beobachtungen, bei welchen man das Quecksilber mit Gewifsheit frieren sah, sind, wenn wir bei dem letztvergangenen Jahrhundert stehen bleiben, folgende.

Beobachter	Zeit	Orte	Länge von Ferro	Breite nördl.
Delisle	1736	Jakuzk	150° östl.	62°
Hellant	1760 Jan.	Sombio	78 —	59
Pallas	1771 Dec.	Krasnojarsk	111 —	58½
— —	1772 Dec.	Irkuzk	122 —	52
Hutchins	häufig 1774	Hudsonsbai	75 westl.	58
Elterlein	1780 Jan.	Witegorsk	54 östl.	61
Törnstein	1782 Jan.	Schweden	7 westl.	63½

Allein viel niedrigere Temperaturen und viel genauere Messungen derselben verdanken wir den beiden neuesten Reisen

1 In verschiedenen Jahrgängen des Annuaire. Ueber die in diesem und den beiden folgenden Abschnitten abgehandelten Probleme vergl. oben Art. *Temperatur* und Art. *Meer.* in Bd. VI.

Digitized by Google

der Capitäne Franklin und Parry in die Nordpolargegenden. Parry beobachtete z. B. auf der Melville-Insel (Länge 93° westl., und Breite 75° nördl.) folgende Stände des Thermometers nach R.

	Höchster Stand	Niedrigster Stand	Mittlerer Stand
September 1819	+2°,4	— 14°,7	— 4°,3
October	— 6,4	— 26,7	— 15,9
November	—11,6	— 35,8	— 23,4
December	—11,6	— 34,4	— 24,1
Januar 1820	—15,8	— 35,3	— 27,7
Februar	—21,8	— 36,6	— 28,6
März	—11,6	— 32,0	— 22,4
April	0,0	— 28,5	— 18,0
Mai	+ 6,7	— 16,0	— 6,9
Juni	+ 8,6	— 1,8	+ 2,0
Juli	+12,6	0,0	+ 4,8
August	+ 5,8	— 4,5	+ 0,3

Daraus folgt für die Melville-Insel die mittlere jährliche Temperatur gleich — 13°,6. Allein Parry hatte sehr oft zu bemerken Gelegenheit, dafs die Nachbarschaft seiner beiden Schiffe alle seine Thermometer um fast einen Grad erhöhte, so dafs man daher für die mittlere jährliche Temperatur jener Insel — 14°,6 R. annehmen kann. Diese Temperatur ist aber nahe der gröfsten Kälte gleich, die man in Wien seit mehr als einem Jahrhundert im Mittel beobachtet hat. In der Entfernung von allen Gebäuden sah Parry sein Thermometer im Februar des Jahrs 1819 auf jener Insel bis — 38° R. fallen. Die vorhergehende Tafel zeigt zugleich, dafs auf der Insel Melville das Quecksilber durch volle fünf Monate, vom November bis März, gefrieren kann. Man sollte glauben, bei einer solchen Kälte müfste der Ort ganz unbewohnt seyn. Menschen haben sie auch daselbst nicht getroffen, aber dafür desto mehr Thiere. Die Jäger der beiden Schiffe, Hecla und Griper, die Parry commandirte, schossen während ihres Aufenthalts in Winter-Harbour 3 Moschusochsen, deren jeder über 400 Pfund Fleisch gab, 24 Rennthiere, 68 Hasen, 53 Gänse, 59 Enten und 144 Stück einer Art Rebhühner, die zusammen 3766 Pfund Fleisch gaben. Uebrigens bemerkt Parry, dafs ein mit Kleidern und Pelzen wohl bedeckter

Mensch in freier Luft bei einer Temperatur von — 36° R. noch immer ohne grofse Unbequemlichkeit mehrere Stunden verweilen kann, wenn er nicht still steht oder sitzt und wenn kein Wind weht. Sobald aber nur ein leises Lüftchen sich erhebt, fühlt man einen brennenden, stechenden Schmerz im Gesichte, dem bald ein eigener lästiger Kopfschmerz folgt, der es rathsam macht, eine mildere Temperatur und Schutz vor dem Winde aufzusuchen, um bei Zeiten bösen Folgen zu entgehen.

Die folgende Tafel giebt die thermometrischen Beobachtungen Parry's auf seiner zweiten Reise im Jahr 1821 und 1823.

	Thermometerstand		
	Höchster	Niedrigster	Mittlerer
Juli 1821	8°,0	—1°,5	1°,7
August	7,3	— 1,8	2,2
September	4,6	— 5,5	— 0,5
October	0,2	—20,0	— 8,8
November	— 1,8	—23,3	—10,9
December	—13,5	—27,3	—20,0
Januar 1822	—16,9	—31,0	—24,5
Februar	—16,0	—30,7	—25,4
März	— 8,5	—29,8	—19,4
April	— 1,5	—19,6	—11,9
Mai	6,4	—15,7	— 4,0
Juni	8,0	— 5,5	0,9
Juli	9,8	— 0,9	2,0
August	8,0	— 1,9	0,7
September	2,4	— 9,5	— 1,8
October	— 1,5	—18,4	— 8,7
November	—10,7	—28,6	—22,9
December	—18,7	—33,4	—18,6
Januar 1823	— 4,6	—34,4	—21,8
Februar	— 4,9	—33,4	—23,3
März	—12,6	—32,5	—23,1
April	0,0	—25,4	—15,1
Mai	7,9	—17,8	— 3,2
Juni	8,9	—10,7	0,2
Juli	12,0	— 0,9	3,6
August	10,3	— 3,6	2,6

Die drei ersten dieser Beobachtungen wurden in der Hudsonsbai (Länge von Ferro 76° westl. und Breite 54 nördl.), die zwölf folgenden in Winter-Island (Länge 65 westl., Breite 66° nördl.) im Norden der Hudsonsbai und die letzten elf auf der Insel Iglulik (Länge 64 westlich und Breite 69 nördl.) angestellt. Diese Tafel giebt die mittlere jährliche Temperatur von

Winter-Island . . — 10°,0 R.
Insel Iglulik . . . — 11,1

In Winter-Island fiel das Thermometer im Jahre 1822 nicht bis zum Frierpunct des Quecksilbers, in Iglulik aber gefror dieses Metall in den Monaten December, Januar und Februar, so daſs man die Temperatur der Luft nur durch Weingeist-Thermometer messen konnte. Dessenungeachtet sind die Umgebungen der Insel Iglulik, selbst mitten im Winter, von zahlreichen Eskimo-Horden bevölkert. Sie wohnen da in Hütten, die sie aus dem harten Schnee erbauen, der von ihnen gleich dem Sandsteine zugehauen und bearbeitet wird. Capitän Franklin, der in den Jahren 1819 bis 1821 ebenfalls eine Reise an der Nordküste America's unternahm, hat folgende Tafel geliefert.

Digitized by Google

Thermometerstand

	Höch-ster	Tief-ster	Mitt-lerer	Länge westlich von Ferro	Breite
Sept. 1819	12°,9	—0°,9	6°,7	76°	55°
October	10,4	— 5,8	2,3	82	54
November	5,8	—23,3	— 7,3	84	54
December	3,6	—28,0	—12,8	84	54
Januar 1820	— 9,8	—33,8	—20,1	84	54
Februar	— 5,5	—29,5	—14,7	84	54
März	9,8	—24,0	— 8,8	84	54
April	20,0	—20,0	1,5	84	54
Mai	23,3	— 5,5	8,0	84	54
Juni	24,5	4,6	12,1	87	54
Juli	23,3	6,7	13,7	94	60
August	20,5	0,4	10,8	94	60
September	9,5	— 7,3	0,8	95	64,5
October	2,4	—12,0	— 4,0	95	64,5
November	— 3,3	—28,0	—14,5	95	64,5
December	—11,6	—39,9	—27,9	95	64,5
Januar 1821	— 5,5	—36,0	—20,4	95	64,5
Februar	—13,8	—36,9	—27,1	95	64,5
März	— 3,6	—36,1	—19,3	95	64,5
April	3,6	—28,6	—12,1	95	64,5
Mai	16,0	—10,7	— 0,2	95	64,5

Die zweite bis zehnte Beobachtung sind in der Gegend von Cumberland-House, die elfte und zwölfte zwischen dem Fort Chypewyan und dem Fort Providence und die neun letzten in dem Fort Enterprise angestellt worden. Aus ihnen folgt die mittlere jährliche Temperatur von

Cumberland-House . . . — 0°,8
Enterprise . . . . — 7,4

Dieses sind einige der neuesten verläſslichen Kältegrade, die zu unserer Kenntniſs gekommen sind. Gehn wir nun zu den Extremen der bisher beobachteten Wärmegrade über. Es wird nicht selten die Behauptung aufgestellt, daſs die Temperatur der höhern nördlichen Gegenden im höchsten Sommer ungewöhnlich groſs und selbst gröſser als in den Tropenländern sey. Man hat dafür die sehr langen Sommertage und die kurzen schwülen Nächte jener Gegenden angeführt. Bis zu einem gewissen Breitengrade, nahe 55°, ist auch die Sommerhitze einige Wochen

Digitized by Google

hindurch in der That sehr groſs, wenigstens ist dieses der Fall im südlichen Sibirien, dessen mittlerer Theil ringsum weit von allen Meeren absteht. Aber näher bei den Polen hört diese Erscheinung auf. Parry fand für die Breite von 70 Graden den höchsten Thermometerstand nur + 10 bis + 12 Grade. Am Aequator und zwischen den Wendekreisen aber sieht man das Thermometer häufig bis über + 30° steigen und sich, was hier nicht übersehn werden darf, oft 6 bis 8 Wochen in dieser Höhe erhalten, während es in den nördlicheren Gegenden seinen höchsten Stand gewöhnlich nur einige Tage beibehält und dann schnell wieder sinkt. Auch ist die mittlere Temperatur, und diese allein kann hier entscheiden, in den nördlichen Gegenden für die einzelnen Monate des Jahrs gar sehr von der der Tropenländer verschieden. Nach Parry war z. B. die mittlere Temperatur des Julius auf der Melville-Insel im Jahre 1820 gleich + 4°,8, im Jahre 1819 aber nur + 0°,9, während die mittlere Temperatur desselben Monats in Paris + 16° und in Wien + 19°,8 ist.

Hier folgt ein Verzeichniſs der vorzüglichsten höchsten Temperaturen, die man bisher im Schatten und in freier Luft über der Erdoberfläche beobachtet hat.

Ort	Breite	Höchster Stand des Therm. R.	Beobachter
Aequator	0° 0′	+30°,8	v. Humboldt
Surinam	5 38 N.	25,9	— —
Pondicheri	11 55 N.	35,9	Legentil
Madras	12 13 N.	32,0	Roxbourgh
Beit-al-Faki	14 31 N.	30,5	Niebuhr
Martinique	14 35 N.	28,0	Chanvallon
Manilla	14 36 N.	35,1	Legentil
Madagascar	15 27 S.	36,0	— —
Guadeloupe	15 59 N.	30,8	Lepaux
Veracruz	19 12 N.	28,5	Orta
Philae in Aegypt.	24 0 N.	34,5	Coutelle
Cairo	30 2 N.	32,2	— —
Bassora	30 45 N.	36,2	Beauchamp
Paramatta	33 49 S.	32,9	Brisbane
Cap. d. guten Hoffn.	33 55 S.	35,1	Lacaille
Wien	48 12 N.	28,7	— —
Paris	48 50 N.	30,8	— —
Warschau	52 14 N.	27,1	Delsne
Franecker	52 36 N.	27,2	VanSwinden
Kopenhagen	55 41 N.	27,0	Bugge
Stockholm	59 20 N.	27,6	Ronnow
Petersburg	59 56 N.	24,6	Euler
Island, Eyaford	66 30 N.	16,7	VanScheels
Hindoen, Norweg,	68 30 N.	20,0	Schytte
Melville-Insel	74 45 N.	12,5	Parry

Digitized by Google

G. Temperatur über und in dem Meere.

Anders verhält sich die Temperatur auf dem hohen Meere, wo sie unter allen Breiten, die dem Pole zu nahen Länder ausgenommen, beinahe stets dieselbe ist und auch zwischen den Wendekreisen nie über + 24° R. steigt. Hier folgen einige solche Beobachtungen, welche in grofsen Entfernungen vom Festlande oder von Inseln gemacht worden sind.

Ort	Breite	Höchste Temperatur	Beobachter
Atlant. Ocean	0°	+21°,2 R.	Legentil
— —	4° 5′ N.	22,7	Bayley
— —	14 50 N.	23,0	Wallis
— —	9 16 N.	22,8	Dentrecasteaux
Molukkenmeer	10 42 S.	24,6	— —
Südmeer	0 11 N.	22,4	v. Humboldt
Chines. Meer	13 29 N.	23,3	Basil Hall
Mittell. Meer	39 12 N.	23,4	Gautier
— —	38 46 N.	23,2	— —
Schwarzes Meer	44 42 N.	23,5	— —

Im Mittel aus allen diesen Beobachtungen findet man vom Aequator bis zu der Breite von 45° durchaus + 23°,2 R. Man hat wohl auch Beobachtungen von + 27° und selbst mehr, die auf der See gemacht sind, allein man hat stets nachweisen können, dafs sie nur in engen Meeren oder in der Nähe von Küsten gemacht worden sind, oder endlich, dafs das Thermometer an einem Ort des Schiffs angebracht war, wo der Reflex der Sonnenstrahlen von den Wänden des Schiffes die Temperatur erhöhte. Man kann daher annehmen, dafs bis zur Breite von 45° die Temperatur unmittelbar über dem Meere nie über 24° R. gehe. Welches ist aber die Temperatur des Meerwassers selbst? Diese ist offenbar verschieden, je nach der Tiefe der Wasserschichten. Wir sprechen hier nur von den obersten Schichten, für welche allein bisher hinlängliche Beobachtungen vorliegen. Die folgende Tafel giebt mehrere Beobachtungen der Temperatur des obersten Meerwassers zur Zeit der gröfsten Jahreswärme.

Digitized by Google

Ort	Länge von Ferro	Breite	Höchster Thermometerstand	Beobachter
Atlant. Ocean	0°	7° N.	+21°,6 R.	BAYLEY 1772 Aug.
Südmeer	40,8 O.	18 S.	23,2	- - 1773 Aug.
Atlant. Ocean	44 W.	4 N.	22,7	- - 1774 Mai
— —	2 W.	6 N.	23,1	CHURRUCA 1788 October
— —	10 W.	2 S.	22,9	QUEVEDO 1803 Apr.
Atlant. Ocean	5 W.	7 N.	23,1	RODMAN 1803 November
— —	3 W.	0	22,6	PERRINS 1804 März
— —	41 O.	4 N.	23,0	JOHN DAVY 1816 Mai
— —	6 W.	5 N.	22,1	LAMARCHE 1816 Mai
Chines. Meer	31 O.	13 N.	23,3	BASIL HALL 1816 Juli
Atlant. Ocean	4 W.	7 N.	21,9	BAUDIN 1816 Juli
Meer v. Ceylon	95 O.	2 N.	23,3	JOHN DAVY 1816 August
Atlant. Ocean	0	10 N.	23,3	LAMARCHE 1816 October
IndischesMeer	111 O.	1 N.	23,7	BAUDIN 1816 Nov.
Nördl. von Sumatra	118 O.	5 N.	23,1	BASIL HALL 1817 März

Diese Beobachtungen zeigen, daſs die obern Schichten des Meerwassers zwischen den Wendekreisen nie eine höhere Temperatur als + 24° R. annehmen. Dieses gilt aber nur von der hohen See, nicht von der Gegend nahe am Ufer des Festlandes oder den Inseln. Aus allem Vorhergehenden zieht ARAGO folgende Resultate:

I. An keinem Orte der Erde und in keiner Jahreszeit kann das Thermometer den + 37sten Grad R. erreichen, wenn es zwei oder drei Klafter über dem Erdboden im Schatten aufgehängt und auch gegen den Reflex der Sonnenstrahlen geschützt ist.

II. Auf der freien See aber erreicht die Temperatur der Luft an keinem Orte und in keiner Jahreszeit den + 24sten Grad.

III. Auch die Temperatur des obersten Meerwassers zwischen den Wendekreisen ist nie über + 24°.

IV. Die zwei Extreme der Wärme und der Kälte, die man bisher mit einem in freier Luft aufgehängten Thermometer beobachtet hat, sind

+ 36°,2 von Beauchamp in Bassora beobachtet

und

— 40,0 von Cap. Franklin in Fort Enterprise beobachtet.

Bemerkt man noch, dafs mehrere Körper, wie Wolle, Schnee u. dgl., wegen der strahlenden Wärme bei heiterem Himmel eine um 8 oder 10 Grade tiefere Temperatur als die sie umgebende Luft annehmen, so läfst sich der tiefste Thermometerstand, den man bisher auf der Oberfläche der Erde, wenn die Kugel des Instruments auf dem den Boden bedeckenden Schnee aufsteht, beobachtet hat, zu 50° R. annehmen. Dabei wird immer vorausgesetzt, dafs das Thermometer im Schatten und vor aller Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt ist. Wenn man aber diese Instrumente der Sonne aussetzt und überdiefs ihre Kugel mit einer schwarzen Farbe überzieht, so kann dadurch das Thermometer um nahe 10 Grade höher gebracht werden. Unter solchen Umständen hätte Beauchamp in Bassora immerhin + 46° statt + 36° beobachten können, und sonach könnte man also die zwei bisher beobachteten Extreme der Temperatur zu + 46° und — 50° R. annehmen. Wenn man mit solchen schwarz gefärbten und der unmittelbaren Wirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzten Thermometern beobachten wollte, so würden auch alle bisherigen mittleren Temperaturen um nahe 10 Grade gröfser werden und die mittlere Temperatur Wiens z. B. würde nicht mehr, wie bisher, + 9°,5, sondern 19°,5 seyn. Daraus folgt aber noch nicht, dafs auch die mittleren Temperaturen aller anderen, den Sonnenstrahlen ausgesetzten Gegenstände ebenfalls 19°,5 betragen würde, da im Gegentheile viele derselben viel wärmer seyn werden. So steigt die Temperatur des trockenen Sandes an den Ufern unserer Flüsse oder auf der Strafse im Sommer, wenn er lange von der Sonne beschienen wird, oft auf + 55 bis 60 Grad, während im Gegentheile das Wasser der Flüsse, wenn es nur einige Tiefe hat, immer um 10 bis 13 Grade kälter ist, als das Thermometer im Schatten anzeigt.

H. Temperatur des Nordpols der Erde.

Es wäre ohne Zweifel sehr interessant, die mittlere Temperatur der beiden Pole unserer Erde zu kennen, allein für den Südpol fehlen uns alle und für den Nordpol nur nicht eben alle Data, um zu dieser Kenntniſs zu gelangen. Unsere Schiffer, selbst die unerschrockenen Parry und Franklin, sind bisher nur bis zu dem 82sten Grad der nördlichen Breite vorgedrungen, und so fehlen uns noch alle directe Beobachtungen der Temperatur an den Polen selbst. In dieser Lage müssen wir uns mit Muthmaſsungen und Hypothesen begnügen. Man kann aber im Allgemeinen nur zwei dieser Hypothesen aufstellen, von denen die eine den Nordpol der Erde mit Festland oder doch mit zahlreichen Inseln und die andere ringsum mit dem Meere umgiebt. Unter der ersten Voraussetzung kann man die Temperatur des Pols aus denjenigen Beobachtungen ableiten, die bisher in den höchsten Breiten von Nordamerica's Festlande gemacht worden sind. Diese Beobachtungen sind:

Cumberlandhouse, Breite	54°	0′	mittl.	jährl.	Temp.	—	0°,4 R.
Nain	57	12	—	—	—	—	2,4
Fort Enterprise	64	30	—	—	—	—	7,4
Winter-Island	66	12	—	—	—	—	10,0
Igloolik-Island	69	30	—	—	—	—	11,1
Melville-Island	75	0	—	—	—	—	14,8

Nehmen wir also an, daſs das Land von Nordamerica sich bis zum Pole hin erstreckt, entweder als unmittelbares Festland oder doch als ein Archipel vieler und einander nahe liegender Inseln, so lassen sich die vorhergehenden Beobachtungen sehr gut benutzen, um daraus die mittlere jährliche Temperatur des Nordpols abzuleiten. In der That steigt in der letzten Tafel die Kälte regelmäſsig genug mit der Breite. Nimmt man daher an, was unter jener Voraussetzung vorhandenen Festlandes sehr wahrscheinlich ist, daſs der Gang der Temperatur, den unsere Tafel von der Breite 54° bis 75° giebt, auch noch von 75° bis 90° gelte, so findet man daraus für die mittlere jährliche Temperatur des Nordpols der Erde — 25°,6 R. Nimmt man aber nach der zweiten Hypothese

an, daſs der Pol ringsum von der See umgeben ist und daſs das Festland, so wie die Inseln von Nordamerica, schon in einer beträchtlichen Entfernung vom Pole aufhören, so würde man auf eine ähnliche Weise diejenigen Temperaturen benutzen können, welche bisher in so hohen Breiten zur See beobachtet sind. Diese Beobachtungen liefern uns besonders die Wallfischfänger von Norwegen und Island, zwar nur sparsam und auch wohl nicht mit der gröſsten Schärfe, aber doch, da alles übrige mangelt, für unsere Untersuchung willkommen. Diese Beobachtungen lassen sich in folgender kleinen Tafel zusammenstellen:

	Breite	mittl. jährl. Temp.
Meer bei den Shetland-Inseln	56° . .	+ 6°,8 R.
Meer westlich von Christiania . .	60 . .	+ 3,9
Eyaford (Island)	66½ . .	+ 0,5
Meer im Merid. von London . .	76¾ . .	— 6,0
Ebendas.	78 . .	— 6,7

Vereinigt man diese wenigen Beobachtungen, so gut es angeht, in eine Formel, und sucht man daraus die mittlere jährliche Temperatur des Nordpols, so findet man sie — 14°,4 R, also 11°,2 geringer als nach der ersten Hypothese. Es ist zu bedauern, daſs uns noch die nöthigen Beobachtungen fehlen, diese interessante Frage zu beantworten. Arago, der das Vorhergehende zusammengestellt hat, glaubt, daſs man sich von der Wahrheit nicht sehr entfernen werde, wenn man die mittlere jährliche Temperatur des Nordpols der Erde einstweilen, bis uns genauere Beobachtungen näher belehren, zu — 20° R. annimmt. Ebenso groſs würde also auch wahrscheinlich die *mittlere Temperatur des Weltraums* seyn, deren oben schon öfter erwähnt worden ist. Fourier nahm diese Temperatur um volle 25 Grad niedriger an, indem er sie — 45°,6 R. voraussetzt.

So unvollkommen die obige Bestimmung auch seyn und wahrscheinlich noch lange bleiben mag, so dürfen wir doch hinzusetzen, daſs wir in der Kenntniſs dieses Gegenstandes beträchtlich weiter gekommen sind, als man noch vor einem halben Jahrhunderte gewesen ist, wo der berühmte Astronom Tobias Mayer die Behauptung aufgestellt hat, daſs die mittlere Temperatur des

Pols gleich 0° seyn müsse, eine Aussage, die sich auf keine eigentlichen Beobachtungen gründete und die zuerst der bekannte Seefahrer SCORESBY auf eine überzeugende Weise widerlegt hat.

I. Einfluſs der Lage der groſsen Axe der Erdbahn auf die Temperatur der Erde.

Es wurde oben[1] gesagt, daſs die groſse Axe der Erdbahn sich in jedem Jahrhundert siderisch um 0,3276 Grade gegen Ost bewege und daſs diese Bewegung nicht periodisch, sondern progressiv sey, so daſs in der Folge der Zeit diese Axe die ganze Peripherie des Kreises durchläuft. Nach dem a. a. O. Angeführten fiel diese groſse Axe der Erdbahn gegen das Jahr 4000 vor Chr. G. mit der Linie der Nachtgleichen zusammen, so daſs also die kleine Axe mit der Solstitiallinie coincidirte. Im Jahre 1250 nach Chr. G. war die Länge des Periheliums der Erde, die vor 5250 Jahren gleich Null war, bis zu 90 Grad angewachsen; im Jahr 6500 nach Chr. G. wird diese Länge 180 Grade betragen und erst in 21000 Jahren nach jener ersten Epoche wird diese Länge des Periheliums wieder gleich Null seyn. In dem gegenwärtigen Jahrhunderte, wo die Länge des Perihels der Erdbahn nur 10 Grade mehr als 90° beträgt, ist die Stellung der Erdbahn gegen die Gestirne nahe die, welche oben[2] abgebildet ist, wo P das Perihelium, A das Aphelium der Erdbahn, also AP die groſse und sehr nahe MN (wegen der geringen Excentricität) die kleine Axe der Erdbahn bezeichnet. In diesem Jahrhunderte durchläuft also die Erde während der Sommermonate der nördlichen Hemisphäre, d. h. während der Zeit von der Mitte des März bis zur Mitte des September den Bogen MAN und während der sechs andern Wintermonate den Bogen MPN. Der erste Bogen ist beträchtlich gröſser als der zweite, und in dem ersten ist überdieſs die Geschwindigkeit der Erde in der Gegend der Sonnenferne geringer, als in der zweiten. Die Erde

---

1 S. Art. *Sonnennähe.* Bd. VIII. S. 880.

2 S. Art. *Sonnennähe.* Bd. VIII. Fig. 385.

gebraucht demnach mehr Zeit, den Sommerbogen MAN zu durchlaufen, als sie gebraucht, den Winterbogen MPN zurückzulegen, oder der Sommer, in der obigen Bedeutung des Worts, ist jetzt um nahe sieben Tage länger als der Winter. Allein wenn in der Folge der Zeiten das Perihel P über den Bogen PM hinaus bis in die Gegend von A vorgerückt seyn oder wenn die Länge des Perihels 270 Grade betragen wird, so werden umgekehrt die Sommer der nördlichen Hemisphäre kürzer seyn als die Winter. Dann werden wir zur Zeit der Mitte des Sommers zugleich der Sonne am nächsten stehn, während wir jetzt im höchsten Sommer am weitesten von ihr entfernt sind; dann werden wir im höchsten Sommer nur 20528000 geogr. Meilen entfernt seyn, während wir jetzt zu derselben Jahreszeit 21229400 Meilen von ihr abstehn. Diese bedeutende Differenz von 701400 Meilen könnte allerdings ganz andere Wärmeverhältnisse für unsere Halbkugel herbeiführen, als die gegenwärtigen sind, und es wird daher angemessen erscheinen, diese Verhältnisse näher zu untersuchen.

Wir haben oben[1] die Gleichungen gegeben, welche zwischen

der wahren Anomalie v,
der mittleren - - m,
der excentrischen - u

und zwischen dem Radius Vector r statt haben. Ist nämlich a die halbe grofse Axe der elliptischen Bahn irgend eines Planeten und ae die Excentricität derselben, so hat man

$$m = u - e\,\mathrm{Sin.}\,u,$$

$$\mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}v = \mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}u\,.\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

und

$$r = a(1 - e\,\mathrm{Cos.}\,u).$$

Allein hier und auch sonst oft braucht man nicht sowohl diese endlichen Gröfsen m, v, r.., als vielmehr ihre unendlich kleinen Veränderungen, daher wir die letzten hier vollständig mittheilen wollen. Differentiirt man den vorhergehenden Ausdruck für Tang. $\tfrac{1}{2}v$ in Beziehung auf alle drei in ihm enthalte-

1 S. Art. *Mittlerer Planet.* Bd. VI. S. 2313.

nen Gröfsen ν, u und e, so erhält man, wenn man der Kürze wegen $e = \text{Sin.}\,\varphi$ setzt, wo φ der Excentricitätswinkel genannt wird,

$$\frac{\partial u}{\text{Sin.}u} = \frac{\partial \nu}{\text{Sin}\,\nu} - \frac{\partial \varphi}{\text{Cos.}\varphi}$$

und ganz ebenso giebt auch die erste jener Gleichungen

$$m = u - e\ \text{Sin.}\,u$$

die folgende Differentialgleichung

$$\partial m = (1 - e\,\text{Cos.}\,u).\,\partial u - \text{Sin.}\,u\,\text{Cos.}^2\varphi.\,\partial\varphi.$$

Eliminirt man aus diesen zwei Ausdrücken die Gröfse ∂u, so erhält man

$$(\text{I}) \ldots \partial m = \frac{r^2\,\partial\nu}{a^2\,\text{Cos.}\varphi} - \frac{r(a + r - a e^2)}{a^2\,\text{Cos.}^2\varphi}\,\text{Sin.}\,\nu.\,\partial\varphi$$

und ebenso ist auch

$$(\text{II}) \ldots \partial\nu = \frac{a^2}{r^2}\,\text{Cos.}\,\varphi.\,\partial m + \frac{(2 + e\,\text{Cos.}\nu)}{\text{Cos.}\,\varphi}\,\text{Sin.}\,\nu.\,\partial\varphi$$

und endlich

$$(\text{III}) \ldots \partial r = \frac{r}{a}\,\partial a + a\,\text{Tang.}\,\varphi\,\text{Sin.}\,\nu.\,\partial m - a\,\text{Cos.}\,\varphi\,\text{Cos.}\,\nu.\,\partial\varphi$$

und dieses sind die drei gesuchten Gleichungen, die zuerst Gauss in seiner *Theor. mot. corp. coel.* gegeben hat. Zu unserem gegenwärtigen Zwecke genügt schon der erste Theil der Gleichung (II), nach welchem man nämlich hat

$$\partial\nu = \frac{a^2}{r^2}\sqrt{1 - e^2}.\,\partial m$$

und dieser Ausdruck giebt die wahre Winkelgeschwindigkeit des Planeten, wenn die mittlere Winkelgeschwindigkeit, d. h., wenn die Umlaufszeit desselben bekannt ist. Da in diesem Ausdrucke a, $\sqrt{1 - e^2}$ und ∂m constante Gröfsen sind, so sieht man, dafs die wahre Winkelgeschwindigkeit des Planeten in jedem Puncte seiner Bahn sich verkehrt wie das Quadrat des Radius Vector r verhält.

Allein ganz ebenso wird sich auch die Wirkung der Wärme verhalten, welche die Erde unmittelbar von den Sonnenstrahlen erhält, wenn anders die Wärme gleich dem Lichte von der Sonne nach allen Seiten strahlend gleichförmig ausströmt. Daraus folgt demnach, dafs der augenblickliche Zu-

wachs der Wärme, den die Erde von der Sonne erhält, sich genau so, wie die wahre Winkelgeschwindigkeit der Erde verhalte, oder daſs die Erde in allen Puncten ihrer Bahn gleichen Wärmezuwachs während derselben Zeit erhält, in welcher sie denselben Winkel (z. B. von einem Grade) um die Sonne zurücklegt. Ist also PMAN die Erdbahn, F einer ihrer Brennpuncte, in welchem sich die Sonne befindet, und PA die groſse Axe dieser elliptischen Bahn, und zieht man durch den Brennpunct F die gerade Linie MFN in irgend einer willkürlichen Richtung, so ist der Winkel, welchen der Radius Vector der Erde um den Punct F auf beiden Seiten der Linie MFN zurücklegt, gleich 180 Graden, und da sonach diese Winkel gleich sind, so ist auch der Wärmezuwachs auf der einen so wie auf der andern Seite der Linie MFN derselbe, d. h. die Erde wird von der Sonne ganz denselben Wärmezuwachs erhalten, während sie den Bogen NPM, als während sie den Bogen MAN zurücklegt, obschon jener Bogen viel kleiner ist, als dieser, und obschon überdieſs jener Bogen NPM, da er das Perihel in sich enthält, mit einer gröſsern Geschwindigkeit, also auch in einer viel kürzern Zeit von der Erde zurückgelegt wird, als der andere Bogen MAN, der das Aphelium A enthält. Es muſs nämlich der Wärmezuwachs, der in der kürzeren Zeit durch den Bogen NPM statt hat, wieder durch die gröſsere Nähe der Sonne F bei diesem Bogen ersetzt werden, um den gesammten Wärmezuwachs in dem einen Bogen dem in dem anderen ganz gleich zu machen. Fig. 42.

Setzt man, um den Gegenstand noch einfacher darzustellen, die Erde in M, so ist die wahre Anomalie ν derselben gleich dem Winkel PFM und der Radius Vector r derselben gleich der Linie FM. Wenn nun die Erde während einer gegebenen Zeit, z. B. während eines Tages, den Bogen Mm durchläuft, so steht die dazu erforderliche Zeit, nach dem bekannten zweiten Gesetze Kepler's, im Verhältniſs zu dem elliptischen Sector FMP, d. h. also im Verhältniſs von $\frac{1}{2}r^2\partial\nu$. Allein die Dichte der Sonnenstrahlen verhält sich verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung derselben von der Sonne, also wie $\frac{A}{r^2}$, wo A irgend eine constante Gröſse ist. Also steht auch die Menge der Sonnenstrahlen, d. h. die

Wärmemenge $\partial . W$, welche die Erde von der Sonne in der Zeit erhält, während welcher die Erde den Bogen M m zurücklegt, in dem Verhältnifs

$$\partial . W \frac{A}{r^2} . \tfrac{1}{2} r^2 \partial \nu = \tfrac{1}{2} A \, \partial \nu ,$$

also auch, wenn man diese Gleichung integrirt,

$$W = \tfrac{1}{2} A . \nu$$

oder die Wärmemenge, welche die Erde von der Sonne, während jene den Bogen PM durchläuft, zu dem die wahre Anomalie PFM $= \nu$ gehört, erhält, ist dieser wahren Anomalie ν proportional. Die Erde erhält also dieselbe Wärmemenge, während sie durch den Bogen PM geht, als sie in dem Bogen AN erhält, da beide Bogen zu demselben Winkel PFM = NFA gehören, und dasselbe gilt auch von den Bogen MA und NP, so wie von den Bogen MAN und NPM, wie zuvor.

K. Einflufs der Excentricität der Erdbahn auf die Temperatur der Erde.

Anders verhält es sich mit der Excentricität einer Planetenbahn, wenn die Aenderungen, welche künftige Jahrhunderte in derselben hervorbringen, so bedeutend sind, dafs dadurch die Verschiedenheit der Ellipse von einem Kreise merklich geändert werden sollte. Es ist schon oben[1] bemerkt worden und wir werden später (Artikel *Weltsystem*) wieder auf diesen wichtigen Gegenstand zurückkommen, dafs der Urheber der Natur mehrere sehr merkwürdige Einrichtungen getroffen hat, welche offenbar auf die *längere Dauer des Sonnensystems* Bezug haben. Alle *Störungen*, und sie sind offenbar bei der gegenwärtigen Einrichtung des Systems unvermeidlich, werden, wenn sie immer in derselben Richtung fortgehn, auf endliche Unordnungen, vielleicht auf die völlige Zerstörung des Ganzen führen. Die gefährlichste aller dieser Störungen wäre ohne Zweifel die der grofsen Axe oder, was nach dem dritten Gesetze Kepler's dasselbe ist, die Störung der siderischen Umlaufszeit eines Planeten. Allein

1 S. Art. *Sonnennähe*. Bd. VIII. S. 879.

Digitized by Google

die tiefsten analytischen Untersuchungen haben gezeigt, dafs dieses Element, und dieses allein, keiner Störung unterworfen ist. Nach dieser Perturbation kommen die der Excentricität und der Neigung der Planetenbahnen, die ebenfalls, wenn sie immer in demselben Sinne fortgehn, wenn z. B. die Excentricität einer Bahn immer wachsen und die Neigung derselben immer abnehmen sollte, grofse und selbst verderbliche Unordnungen des ganzen Systems in der Folge der Zeiten unvermeidlich machen würden. Allein auch hier haben ebenso schöne als scharfsinnige theoretische Untersuchungen gezeigt, dafs diese Störungen wohl allerdings statt haben, dafs sie aber nie progressiv, sondern nur periodisch seyn können, und dafs überdiefs die Veränderungen, welche in diesen Perioden statt haben, bei allen Planeten ohne Ausnahme nur sehr gering sind, während im Gegentheile jene Perioden selbst sehr lang sind und viele Jahrtausende umfassen. Nur die Lage der grofsen Axe der Bahn oder, was dasselbe ist, die Länge des Periheliums macht davon eine merkwürdige Ausnahme, da ihre Störungen in der That nicht periodisch, sondern wahrhaft progressiv sind, oder da, mit andern Worten, das Perihelium nach und nach die ganze Peripherie des Kreises umändert, wie wir schon oben[1] bei der Erdbahn gesehn haben. Allein man sieht auch leicht, dafs diese Lage der grofsen Axe im Himmelsraume in Beziehung auf die Erhaltung des grofsen Systems eine in der That sehr gleichgültige Sache ist. Da nämlich die Bahnen der Planeten sämmtlich sehr nahe kreisförmig sind und da überdiefs mit Ausnahme der vier neuen Planeten diese Bahnen durch sehr grofse Zwischenräume von einander getrennt sind, so kann es für die Dauer des Systems durchaus nicht von bedeutender Folge seyn, ob die grofse Axe der Bahn diesem oder einem anderen Puncte des Himmels zugewendet ist. Aus diesen Ursachen scheint demnach die Richtung dieser Axe bei allen Planeten frei gegeben und ihre Bewegung unbegrenzt gemacht worden zu seyn.

Dieselbe ungehinderte Bewegung der grofsen Axe der Bahn hat aber auch, wie wir so eben (Abschnitt I) gesehn haben, auf die mittlere Temperatur der Planeten, so weit dieselbe von der Einwirkung der Sonne abhängt, keinen Einflufs.

---

1 S. Art. *Sonnennähe*. Bd. VIII. S. 881.

Nicht so aber die *Excentricität*, wenn auch diese ohne Aufhören wachsen oder abnehmen könnte, wie wir sogleich näher zeigen wollen. Wir gehn der Kürze wegen von einem bekannten Satze aus, den zuerst HERSCHEL d. Jüngere[1] gehörig bewiesen hat, daſs nämlich der Zuwachs der mittleren Wärme (so wie auch der der Beleuchtung) eines Planeten von der Sonne, alle anderen Umstände gleich gesetzt, sich *verkehrt wie die kleine Axe* der Planetenbahn verhalte, wenn nämlich die groſse Axe, wie wir nach dem Vorhergehenden voraussetzen, ungeändert bleibt. In der That sieht man auch sogleich ohne Rechnung, daſs unsere Erde z. B. viel mehr Wärme von der Sonne erhalten würde, wenn die Excentricität ihrer Bahn so groſs, d. h. wenn bei derselben groſsen Axe ihre kleine Axe so klein wäre, daſs die Erde jedesmal zweimal im Jahre nahe bei der Oberfläche der Sonne vorbei geführt würde, so daſs sie dieselbe beinahe streifen müſste. Allein es ist bereits oben[2] gesagt worden, daſs die Excentricitäten aller Planetenbahnen jetzt nur sehr kleine Theile ihrer groſsen Axen und daſs sie überdieſs nur sehr geringen und zwar periodischen Aenderungen unterworfen sind, so daſs dieselben zwar mehrere Jahrtausende hindurch z. B. zunehmen, aber nur bis zu einer gewissen, dem mittleren Werthe stets nahen Grenze zunehmen können, worauf sie dann sofort wieder kleiner werden müssen, so daſs demnach diese Excentricitäten nie einen beträchtlich gröſseren Theil ihrer groſsen Axe bilden können, als derjenige ist, den sie in unseren Tagen bilden. Für die Erdbahn z. B. geben die astronomischen Berechnungen folgende Resultate. Die Excentricität der Erdbahn war um das Jahr 11400 vor Chr. G. in ihrem gröſsten Werthe und betrug damals 0,0196 der halben groſsen Axe der Bahn. Von jener Zeit nimmt sie durch 48300 Jahre stets ab, wie sie denn jetzt nur nahe gleich 0,0168 ist; aber erst am Ende dieser langen Periode von 483 Jahrhunderten wird sie ihren kleinstmöglichen Werth 0,0039 erreichen und dann von dieser Zeit an wieder durch eine nahe ebenso lange Periode wachsen, bis sie jene erste Gröſse 0,0196 erreicht, worauf sie wieder abnehmen wird u. s. w. Da sonach die Excentricität

---

1 Geological Transactions for the Year 1832.

2 S. Art. *Sonnennähe*. Bd. VIII. S. 879.

der Erdbahn (und dasselbe gilt auch von allen ältern, d. h., gröſseren Planeten unseres Sonnensystems) immer nur klein seyn und bleiben wird, so kann ihre Aenderung auch die Verhältnisse der mittleren Temperatur auf der Oberfläche der Erde nicht bemerkbar verändern. Die Bahn unserer Erde kommt also seit einer Zeit, die weit über den Anfang unserer Menschengeschichte hinausreicht, einem Kreise immer näher, weil ihre Excentricität stets abnimmt, während ihre groſse Axe dieselbe bleibt, weil ihre kleine Axe stets wächst und der unveränderlichen groſsen Axe immer näher kommt. Da nun nach dem Vorhergehenden die jährliche Wärme, die wir von der Sonne empfangen, sich wie verkehrt die kleine Axe der Bahn verhält, so nimmt allerdings die Wärme der Erde, so weit sie eine Folge der Einwirkung der Sonne ist, schon seit vielen Jahrtausenden ab und wird noch eine ebenso lange Zeit weiter abnehmen. Allein diese Excentricität, also auch diese Wärme, nimmt so ungemein langsam ab, daſs wir mehr als 10000 Jahre bedürfen, damit diese Abnahme an unsern Thermometern nicht etwa bedeutend groſs, sondern nur eben noch bemerkbar werden kann.

Nehmen wir, um dieses näher zu zeigen, diese Veränderung der Excentricität der Erdbahn, die jetzt 0,0168 ist, so bedeutend an, daſs sie einmal in der Folge vieler Jahrtausende so groſs, wie die der Pallas-Bahn, daſs sie also 0,25 ihrer halben groſsen Axe werden könne. Daſs diese Annahme ganz unwahrscheinlich, ja unmöglich sey, haben wir so eben gesehn. Dessenungeachtet wollen wir die Wärmeänderung suchen, die eine so gewaltsame Aenderung der Excentricität zur Folge haben könnte. Ist b die halbe kleine Axe und e die Excentricität der Erdbahn, die halbe groſse Axe als Einheit vorausgesetzt, so hat man bekanntlich

$$b = \sqrt{1 - e^2}.$$

Der gegenwärtige Werth von $e = 0{,}017$ giebt

$$b = 0{,}99985 \text{ und } \frac{1}{b} = 1{,}000144.$$

Der supponirte spätere Werth von $e' = 0{,}25$ aber giebt

$$b' = 0{,}96824 \text{ und } \frac{1}{b'} = 1{,}03240.$$

Demnach hat man

$$\frac{1,03240 - 1,000144}{1,000144} = \frac{0,0323}{1,000144}$$

und da der letzte Bruch nahe $\frac{3}{100}$ ist, so folgt, dafs durch jenen enormen Zuwachs der Excentricität der Erdbahn der *mittlere jährliche Zuwachs* der Sonnenwärme auf der Erde doch nur $\frac{3}{100}$ seiner gegenwärtigen Gröſse betragen würde. Dann würden also alle mittlere Temperaturen, wie wir sie jetzt für die verschiedenen Orte der Oberfläche der Erde kennen, um $\frac{3}{100}$ ihres Betrags gröſser werden und die mittlere Temperatur Wiens z. B., die jetzt + 9°,5 R. ist, würde dann + 9°,78, d. h. also, wir würden die beiden Temperaturen nicht nur durch unser Gefühl, sondern selbst durch unsere besten Thermometer nur mit Mühe unterscheiden. Bloſs die Hitze einiger einzelnen Tage des Jahres würde dadurch beträchtlich verändert werden. Die Tage des Julius würden viel wärmer als jetzt, die des Januars aber auch viel kälter seyn. Jetzt nämlich ist die gröſste und kleinste Distanz der Sonne von der Erde 1,017 und 0,983, also ihre Differenz 0,034 oder nahe $\frac{1}{30}$ der mittleren Distanz. Bei einer Excentricität von 0,25 aber würde die gröſste und kleinste Distanz 1,25 und 0,75, also ihr Verhältniſs

$$\frac{1,25}{0,75} = 1,666 \text{ oder nahe } \tfrac{5}{3}$$

seyn. In diesen Distanzen von 5 und 3 aber würden sich die Intensitäten der Erwärmung und der Erleuchtung der Erde von der Sonne verhalten, wie

$$\frac{1}{5^2} \text{ zu } \frac{1}{3^2},$$

das heiſst, nahe wie 1 zu 3, oder bei der neuen Excentricität von 0,25 würde die Erwärmung der Erde durch die Sonne, aber nur in den höchsten Sommertagen, sehr nahe derjenigen gleich zu achten seyn, die statt haben würde, wenn drei unserer Sonnen zu gleicher Zeit im Mittag in unserem Scheitel ständen.

L.

Digitized by Google

Thau.

Ros; Rosée; *Dew*.

A. Erscheinungen.

Unter Thau versteht man diejenige wässerige Flüssigkeit, welche des Nachts zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang, im Ganzen am reichlichsten vor Mitternacht, zuweilen schon vor Sonnenuntergang und noch nach Sonnenaufgang, an beschatteten Orten, hauptsächlich auf Gräsern und Pflanzen, im Allgemeinen aber auf allen mit der Erde in Berührung oder in der Nähe ihrer Oberfläche befindlichen Gegenständen niedergeschlagen wird. Die Flüssigkeit besteht aus reinem Wasser mit etwas aus der Luft aufgenommener Kohlensäure und enthält schwerlich noch sonstige im Regen ausnahmsweise befindliche Substanzen, wie dieses aus den Untersuchungen von Lampadius[1] überzeugend hervorgeht und aufserdem aus der Natur dieser in der Nähe der Erdoberfläche gebildeten Flüssigkeit von selbst folgt. Die Thaubildung unterscheidet sich von den übrigen Hydrometeoren, die tropfbar flüssiges Wasser geben, vom Regen durch die Feinheit des Niederschlages, welcher nie in Tropfen herabfällt, und vom Nebel dadurch, dafs der Thau vor der Ansammlung auf den Gegenständen unsichtbar ist oder dafs die Luft, aus welcher der Thau herabfällt, ihre gewöhnliche Durchsichtigkeit nicht merkbar verliert. Es ereignet sich indefs nicht selten, dafs der den Thau gebende Niederschlag des atmosphärischen Wasserdampfes in der nahe über der Erdoberfläche befindlichen Luftschicht in einer die Durchsichtigkeit der Luft aufhebenden Menge gebildet wird. Es entsteht dann eine nahe über der Erdoberfläche schwebende, etwa 1 bis höchstens 10 Fufs Dicke erreichende, an ihrer oberen und unteren Grenze allmälig ver-

---

1 Versuche und Beobachtungen u. s. w. Berl. 1798. S. 64. Wenn in Edinb. New Phil. Journal N. XXVI. p. 368. ohne Angabe der Quelle behauptet wird, der Morgenthau sey in der Gegend von Rotterdam nicht klar, sondern von salbenartiger Consistenz, so beruht dieses auf Täuschung.

schwindende Nebelschicht, die sich nach allgemeiner Erfahrung[1] bald nach Sonnenuntergang hauptsächlich über feuchtem Wiesengrunde bildet und nach kürzerer oder längerer Zeit, oft erst nach Sonnenaufgang, wieder verschwindet. In diesem Falle geht die Bildung des Thaues in die des Nebels über und die Grenze beider ist schwer mit Genauigkeit zu bestimmen. Wenn die in der genannten Nebelschicht vorhandene Feuchtigkeit so wenig dicht ist, daſs sie auf den unter ihr befindlichen Gegenständen in ungleicher Menge nach den über die Bethauung bekannten Gesetzen niederfällt, insbesondere aber wenn sie über einer dünnen durchsichtigen Schicht schwebt, so kann man die so gebildete undurchsichtige Schicht mit Recht dem gemeinen Sprachgebrauche nach durch Thau bezeichnen, ist sie aber dichter und fällt die Feuchtigkeit auf alle Gegenstände ohne Unterschied in gleicher Menge nieder, dann gehört sie zu den Nebeln[2].

Endlich muſs noch im Allgemeinen bemerkt werden, daſs der Thau nur dann entstehn kann, wenn, abgesehn vom Verhalten der Erdoberfläche, die untere Luftschicht so weit abgekühlt ist, daſs der in ihr enthaltene Wasserdampf niedergeschlagen wird. Derjenige Punct der Temperatur, welchen das Thermometer in dem Augenblicke anzeigt, wenn dieser Niederschlag erfolgt, heiſst dann der *Thaupunct* (*dew-point*) und ist derjenige, welcher durch das Hygrometer von Daniell gefunden wird.

Daſs man schon in den ältesten Zeiten den Proceſs des Thauens und das Erzeugniſs desselben, den Thau, kennen muſste, liegt in der Natur der Sache; indeſs verdanken wir den Alten keine wesentlichen Bestimmungen, indem nur die Behauptung des Aristoteles[3], daſs der Thau bloſs in heiteren, stillen Nächten in den unteren Schichten der Atmosphäre gebildet werde und in kleinen Tropfen herabfalle, der Beachtung werth scheint. Beim Erwachen der Wissenschaf-

---

1 Vergleiche Kämtz Meteorologie Bd. II. S. 361.

2 Sehr zarte, des Abends am Horizonte sich zeigende Wolken pflegt man *Thauwolken* zu nennen, weil man glaubt, daſs sie im Thau niederfallend sich auflösen, da sie später in der Nacht verschwinden. Ebenso nennt man auch ähnliche, am Morgen sich zeigende Wolken.

3 Meteorol. L. I. Cap. X. De Mundo C. III.

ten wurde auch dieser Theil der Meteorologie auf eine abenteuerliche Weise aufgefaſst, indem man glaubte, der Thau komme aus groſsen Höhen, von den Sternen oder nach Vossius mindestens eine Meile hoch herab, weswegen man dem daraus erhaltenen Wasser allerlei sonderbare Eigenschaften beilegte[1]. Christian Ludwig Gersten[2] war der Erste, welcher auf genauere Beobachtungen dieses Processes einige Schlüsse baute. Er bestritt das Herabfallen des Thaues und nahm statt dessen an, daſs er von der Erde aufsteige, namentlich von den Pflanzen und ihren Theilen, weil er sich sonst nicht an die Spitzen der Blätter in Tropfen anlegen könne, auch bilde sich Thau im Innern einer umgestürzten Glasglocke, fehle dagegen bei Gegenständen, die auf Metallplatten lägen. Ebendiese Folgerung entlehnte du Fay[3] aus seinen zahlreichen Versuchen, indem er horizontale Glasplatten in verschiedenen Höhen aufhing, die unteren Flächen und die tiefsten Platten am stärksten benetzt fand, statt daſs die 31 Fuſs hohen erst in einer halben Stunde feucht wurden. Auſserdem fand er die Stärke des Niederschlags bei verschiedenen Körpern ungleich, vorzüglich groſs namentlich bei Glas und Porzellan, auch schienen ihm die Farben einen Einfluſs hierauf zu äuſsern. Als er auf einer Seite mit Folie belegtes Glas nicht bethauet fand, schloſs er hieraus auf einen Zusammenhang zwischen dem Thaue und der Elektricität. Der fleiſsige Musschenbroek[4] stellte, wie gewöhnlich, das ihm Bekannte zusammen und vermehrte es durch eigene Versuche. Mit Boerhave glaubte er, der Thau steige aus der Erde auf und enthalte allerlei Stoffe. So hatte Henshaw[5] frisch gesammelten Maithau durch ein leinenes Tuch filtrirt und von gelblicher Farbe gefunden, dennoch aber faulte dieses Wasser in gläsernen Gefäſsen der Sonne ausgesetzt nicht, in hölzernen aber eher als Regenwasser. Musschenbroek dagegen lieſs das gesammelte Wasser des Thaues in einem gläsernen Gefäſse 24 Jahre stehn und

---

1 Gehler a. a. O. Th. IV. S. 289.

2 Diss. Roris decidui errorem antiquum et vulgarem per obs. et exper. nova excutiens. Francof. 1733. 8.

3 Mém. de Paris. 1736. p. 352.

4 Introductio. T. II. p. 2344.

5 Philos. Trans. N. III. p. 33.

alle Winter gefrieren, ohne dafs es sich im mindesten veränderte. Ebenso fand Torb. Bergmann das vorsichtig gesammelte Wasser des Thaues dem reinen Wasser an Farbe und Geschmack völlig gleich, meinte aber dennoch, es enthalte Salze, die das Gold zuweilen angriffen, doch glücke es nicht mehr, das darin enthaltene allgemeine Auflösungsmittel daraus herzustellen. Nach Musschenbroek's eigenen Versuchen sollte einiger Thau auf alle, anderer nur auf gewisse Körper fallen, ein Irrthum, welcher aus der oben bemerkten Verwechselung des Nebels mit dem Thau hervorging. Glas und Porzellan fand er neben trocknen Metallen und Steinen benetzt, unter den verschiedenen Arten Leder nahm frisches Kalbleder, auch rother und gelber Saffian am reichlichsten den Thau auf; wie du Fay gefunden hatte, wurde eine Glasplatte neben einer Metallplatte bethauet, während die letztere trocken blieb, und eine über die Fuge beider gelegte Glasscheibe blieb auf der über dem Metalle liegenden Hälfte trocken. Polirtes Metall in einem gläsernen Gefäfse blieb trocken, das Gefäfs aber nicht, und bei einem Stücke Glas in einem metallenen Gefäfse trat das Gegentheil ein. Die Elektricität nahm auch er als muthmafsliches Hülfsmittel an, die hinzukommend Verdampfung und entweichend Niederschlag bewirke. Seit Musschenbroek nahm man auch allgemein an, dafs der meiste Thau 2 bis 3 Stunden nach Sonnenuntergang und um Sonnenaufgang falle und die Menge des Thaues in feuchten Gegenden, insbesondere aber in denjenigen Regionen am gröfsten sey, wo die kühlsten heiteren Nächte mit den heifsesten Tagen wechseln, wobei man sich auf die von Shaw im wüsten Arabien gemachte Erfahrung stützte, dafs dort die Reisenden oft vom Thau gänzlich durchnäfst werden.

Die werthvollsten älteren Untersuchungen über den Thau haben wir von Le Roy[1]. Im Wesentlichen folgte er der damals herrschenden Ansicht von einer Auflösung des Wassers in Luft und das Bethauen der Gegenstände ist ihm demnach dem Beschlagen der Fenster bei eintretender äufserer Kälte analog. Ist während des Tags der Erdboden und die ihn berührende Luftschicht durch die Sonne erwärmt, sinkt letztere dann unter den Horizont, so erkaltet die dünnere Luft früher

1 Mém. de Paris 1751. p. 418.

als die Erde, die Ausdünstung der letzteren dauert fort, aber die kalte Luft kann die Feuchtigkeit nicht aufnehmen und sie fällt daher in Tropfen auf die Pflanzen zurück, wozu noch der in der kalten Luft selbst niedergeschlagene Dampf kommt. Beim Aufgange der Sonne wird umgekehrt die Luft zuerst erwärmt und die in ihr enthaltene Feuchtigkeit fällt auf die Erde nieder, wozu noch kommt, dafs die erwärmte Luft aufsteigt und kältere an ihre Stelle tritt, die eine gleiche Menge von Dampf aufzunehmen nicht vermag. Hieraus folgt dann von selbst der aufsteigende Thau am Abend und der niederfallende am Morgen, eine in ihrer ganzen Ausdehnung unhaltbare Hypothese, wenn gleich der im Thau niedergeschlagene Wasserdampf ursprünglich von der Erde hergegeben werden mufs.

Wegen der Einfachheit und allgemeinen Bekanntheit des Phänomens an sich blieb man später bei den durch Musschenbroek und Le Roy angegebenen Thatsachen stehn, die Erklärung wurde aber in den Kreis einer damals für höchst wichtig gehaltenen und vielfache Streitschriften veranlassenden Untersuchung gezogen, nämlich über denjenigen Zustand, in welchem sich der expandirte Wasserdampf befinde, und wie er aus diesem wieder zur tropfbaren Flüssigkeit übergehe. Im Allgemeinen glaubte man, das Wasser werde in der Luft aufgelöst und entziehe sich dadurch seinem Einflusse auf das Hygrometer, weswegen man sich des letzteren Apparates hauptsächlich zur Prüfung der Erscheinungen bediente. De Saussure[1], gleichfalls Anhänger der Auflösungstheorie, hielt es daher für wichtig zu bemerken, dafs das Hygrometer im dikken Abendthau zuweilen den Punct der gröfsten Feuchtigkeit zeige, noch mehr aber im Morgenthau, und da in stillen Nächten nach Regentagen, bei heiterem und sternhellem Himmel, die mit Wasser gesättigte Luft das Hygrometer stets auf dem Puncte der gröfsten Feuchtigkeit erhalte, so zeuge dieses evident für eine wirkliche Auflösung. Unter den eigenen Beobachtungen dieses fleifsigen Forschers verdient also blofs Beachtung, dafs die Luftelektricität während des Thauens zunimmt. Ein Gegner der Auflösungstheorie war de Luc[2].

---

1 Essais sur l'Hygrométrie. Ess. IV. §. 320. 325.

2 Neue Ideen über die Meteorologie. T. II. §. 545. 558. 830. Ueber die Hygrometrie aus Phil. Trans. T. LXXXI. in Gren Journ. Th. V. S. 300.

Nach ihm können die Wasserdämpfe nur bis zu einem gewissen, durch die Wärme bedingten Maximum in der Luft enthalten seyn, welches beim Thauen allezeit erreicht werde. Aus dem ungleichen Nafswerden der Pflanzen und sonstiger Körper schlofs er, dafs verschiedene Ursachen hierbei wirksam seyn müfsten. In einem Fasse ohne Boden, worin in verschiedenen Höhen Leinwand ausgespannt war, wurde die obere durch den Thau weit stärker benetzt; war ein Theil des Rasens mit Glasscheiben bedeckt, so wurde das bedeckte Gras ebenso feucht, als das unbedeckte, und die Scheiben fanden sich an beiden Seiten benetzt, statt dafs sie etwa 1 Fufs hoch horizontal über dem Erdboden befindlich nur von oben feucht wurden. Das Bethautwerden der Körper im Allgemeinen scheint ihm daher Folge des niedergeschlagenen Wasserdampfes zu seyn, das Befeuchten der Pflanzen dagegen nur gleichzeitig hiermit zu erfolgen, zugleich aber von der Ursache der Thaubildung und aufserdem von anderweitigen Ursachen abzuhängen, die wohl mit dem Mechanismus der Vegetation in Verbindung stehn könnten. Die Benetzung der Glasscheiben an der unteren Fläche zeige überzeugend die Fortdauer der Verdunstung. Bei Tage könne die wärmere Luft mehr Feuchtigkeit enthalten und bleibe durch die Wärme mehr von ihrem Maximum entfernt, nach Sonnenuntergang dagegen verliere die Luft einen Theil ihrer Wärme, die Erde aber nicht, und die Ausdünstung dauere daher fort. Durch Abnahme der Wärme erreichen die Dünste das Maximum ihrer Dichtigkeit, durch fortdauernde Ausdünstung überschreiten sie dasselbe und die Thaubildung mufs eintreten. Das Hygrometer, namentlich aus einem spiralförmig geschnittenen Federkiele, gab folgende Resultate. 1) An hellen Abenden nach warmen Tagen wurde das Gras bethaut, obgleich das in 3 Fufs Höhe aufgehangene Hygrometer die ganze Nacht nicht über höchstens 55 Grade stieg. 2) Nahm der Thau zu, so dafs auch Kräuter und Stauden nafs wurden, so ging das Hygrometer hinauf, und kam es auf 80 Grad, so zeigten sich auch Glastafeln und Scheiben, mit Oelfirnifs überzogen, benetzt, Metallplatten aber, hohe Gesträuche und Bäume blieben trocken. 3) Nahm die Feuchtigkeit noch mehr zu, so dafs das Hygrometer sein Maximum bis 100 Grad erreichte, dann wurde jeder der Luft ausgesetzte Körper nafs. Der Thau

Digitized by Google

könne also hiernach nicht von einem freiwilligen Niederschlage der Luft herrühren, vielmehr müfsten bei einigen Körpern eigenthümliche Ursachen der Benetzung vorhanden seyn, deren Auffindung er von der Verbesserung der Hygrometer erwartete. In Beziehung auf die Elektricität glaubte er, dafs der Thau einen Leiter abgebe, welcher die Elektricität der oberen Luft der unteren zuführe.

Auch Hube[1] hat das Problem des Thauens ausführlich, aber im Sinne der Auflösungstheorie behandelt. Hiernach besteht der Thau nicht aus niedergeschlagenem Wasserdampfe, sondern aus nicht aufgelösten Wasserbläschen, weil sich die Wärme nicht zeige, die den Niederschlag des Dampfes zu begleiten pflege, und das Wasser des Thaues so unrein in Vergleichung mit Regenwasser sey (?). Solche unaufgelöste Bläschen könnten nur in Folge schneller Verdunstung bei Pflanzen u. s. w. entstehn, statt dafs die langsame Verdampfung bei grofsen Wasserflächen den Bläschen Zeit zur völligen Auflösung gebe. Daher thaue es in den gemäfsigten Zonen nur auf dem Lande, aber nicht auf dem Meere, statt dafs in der heifsen überall Thau falle. Die Erkältung der Atmosphäre fange von unten an, und daher würden von Körpern in verschiedenen Höhen über einander die untersten vorzugsweise benetzt und die Feuchtigkeit hänge sich am stärksten an die unteren Flächen. Gegen Morgen erkalte auch die obere Luft, die Bläschen senkten sich gegen die Erde und selbst ein schwacher Wind befördere ihre Anhäufung, während der Nacht aber falle kein Thau, weil sich dann die Bläschen schon hinlänglich erhoben hätten. Den Thau auf Pflanzen hält er für keinen eigentlichen Thau, sondern nur für Schweifs aus den Gewächsen, welcher nicht an die Luft übergehe, er zeige sich daher am stärksten auf bedeckten Pflanzen, welche dadurch wärmer erhalten würden, während die eingeschlossene Luft bald mit Feuchtigkeit überladen sey. Man ersieht hieraus, dafs Hube die Thatsachen nach seiner Theorie modificirte, statt das Factische zuvor genau zu ermitteln. Die Elektricität ist nach ihm bei der Thaubildung mehr bedingend, als irgend ein anderer Physiker annimmt. Es soll die positive Elektricität

1 Ueber die Ausdünstung und ihre Wirkungen. Leipz. 1790. 8. Cap. 35. u. 36.

Digitized by Google

der Luft und der Bläschen durch Kälte verstärkt werden, und so nähern sich die letzteren allen nicht elektrischen Körpern und hängen an ihnen fest, so dafs ohne diese elektrische Anziehung keine Thaubildung statt finden kann, wenn namentlich am Tage die positive Elektricität der Luft schwach war und Wolken sie ihr raubten. Nicht isolirte Leiter ziehn die Bläschen an und rauben ihnen ihre Elektricität, polirte Metallflächen dagegen nehmen die Feuchtigkeit nicht in sich auf, und diese bleibt daher an der Luft zurück; isolirte Leiter dagegen erhalten bald die Elektricität der Bläschen, stofsen diese zurück und bleiben trocken, wie z. B. eine Metallplatte auf Glas, die nicht blofs selbst trocken bleibt, sondern auch einen schmalen sie umgebenden Rand der Glasplatte gegen Benetzung schützt. Isolirte oder auf schlechten Leitern ruhende Nichtleiter ziehn die Bläschen an, ohne ihre Elektricität anzunehmen, und sie werden daher in Folge der elektrischen Anziehung und der Adhäsion fortdauernd bethaut, wie man dieses bei Glas, Porzellan, Seide, Wolle u. s. w. auf Holz und Glas wahrnimmt. Liegen aber die Nichtleiter auf isolirten guten Leitern, so können sie auf der unteren Seite — E. annehmen, dadurch der Luft + E. entziehn, also die Bläschen abstofsen, und müssen trocken bleiben, wie DU FAY an einer auf Glas liegenden Metallplatte wahrnahm. Man ersieht bald, dafs HUBE weder die Thatsachen gehörig beachtet, noch die Theorie mit hinlänglicher Schärfe in Anwendung gebracht hat, und dennoch fand seine Hypothese viele Verehrer.

Sie fand indefs einen gewiegten Gegner an LAMPADIUS[1], welcher während seiner Studienzeit in Göttingen theils die Auflösungs-Hypothese bekämpfte, theils durch eigene Versuche das angenommene elektrische Verhalten der Körper und des sie benetzenden Thaues widerlegte. Nach ihm werden die durch Wärme expandirten Dämpfe, die von der Erde aufsteigen, in der Luft zersetzt und legen sich dann als tropfbar flüssig an verschiedene Körper an. Die Ungleichheit des Bethauens der verschiedenen Körper suchte er durch Versuche zu bestimmen. Glasscheiben, in ungleichen Höhen aufge-

1 Versuche und Beobachtungen über die Elektricität und Wärme der Atmosphäre. 1793. S. 64.

hangen, zeigten sich sämmtlich feucht, die tieferen und die horizontalen am meisten. Bei einer 4 Quadratzoll haltenden Glasscheibe, mit einem aufliegenden Stanniolblättchen von 2 Quadratzoll, auf abgeschnittenem Grase liegend, blieb das Stanniol trocken, das unbedeckte Glas aber zeigte sich nafs, bis auf einen das Stanniol umgebenden Raum von 7 bis 9 Linien; am Morgen aber war Alles bethaut, die Glasfläche jedoch auffallend stärker. Eine ganz mit Stanniol bedeckte Glasplatte, 0,5 Quadratfufs grofs, 4 Fufs über der Erde horizontal aufgehangen und mit einer darauf liegenden kleinen Glasscheibe und einer Glasstange, zeigte sich am Morgen ganz trocken, die kleine Scheibe aber und die Stange waren bethaut. Ein anderes Mal zeigte sich auf der grofsen Platte, obgleich sie über abgeschnittenem Grase lag, gar keine Feuchtigkeit, während alle umher liegende Glasplatten stark bethaut waren, die kleinere Platte mit dem Stanniol war auf beiden Seiten, so weit das Stanniol reichte, und auf der oberen dicht um diese herum nicht bethaut. Lampadius scheint der Erste gewesen zu seyn, welcher auf den wichtigen Temperatur-Unterschied der Erde und der über ihr befindlichen Luftschicht aufmerksam wurde. So fand er am 10ten Juli gleich nach Sonnenuntergang die Wärme der Luft 17° R., die der Erde aber 19°,7, später für erstere 17°, für letztere 15°, am Morgen aber 9° und 12°. Am 23. Juli war nach Sonnenuntergang die Temperatur der Luft 8°, die der Erde 11°,5. Am 11. Juli waren nach Sonnenuntergang beide Temperaturen gleich, nämlich 18°, und etwas später um 10 Uhr wichen sie nur um 0°,5 von einander ab, am Morgen aber war auch dieser Unterschied verschwunden und es hatte die Nacht gar nicht gethaut, wie denn auch das Hygrometer nur um 9° weiter zur Feuchtigkeit gegangen war. Warum Metalle vom Thau frei bleiben, glaubte Lampadius nicht entziffern zu können, doch berechtigten ihn seine Versuche, dieses nicht der Elektricität beizumessen.

Alles in Beziehung auf die Thaubildung, mindestens in England, Bemerkenswerthe ist von Wells[1] in einem solchen

---

1 An essay on Dew and several appearances connected with it. By Will. Charl. Wells. Sec. edit. Lond. 1815. W. C. Wells Versuch über den Thau und einige damit verbundene Erscheinungen.

Umfange beobachtet, dafs kaum noch eine höchst spärliche Nachlese in diesem Gebiete übrig bleibt, wie dieses ganz allgemein angenommen wird, wenn auch die darauf gebaute Theorie von einigen, wiewohl sehr wenigen Physikern in Zweifel gezogen worden ist, und es versteht sich daher von selbst, dafs sowohl die Thatsachen als auch die daraus entnommene Theorie hier ausführlich mitgetheilt werden. In wolkigen und windigen Nächten fällt kein Thau, dagegen ist die Menge desselben der Heiterkeit des Himmels proportional, weniger scheint gänzliche Windstille nothwendige Bedingung, indem vielmehr ein gelinder Luftzug zuweilen befördernd zu wirken scheint. Das Thauen beginnt schon vor Sonnenuntergang, jedoch ohne Bildung eigentlicher Tropfen, und ebenso dauert es Morgens nach Sonnenaufgang fort, jedoch kürzere Zeit als am Abend, an schattigen und geeigneten Stellen aber dann gerade am stärksten. Dafs der Niederschlag die ganze Nacht hindurch fortdauere, bewiesen einzelne Stücke Wolle, die von Stunde zu Stunde in thaureichen Nächten ausgelegt wurden, durch ihre Gewicht-Vermehrung. Im Ganzen gleicht die Bethauung genau dem Absetzen des etwas wärmeren Wasserdampfes auf kälteren Körpern, indem zuerst ein feiner Ueberzug gebildet wird, aus welchem allmälig gröfsere und immer gröfsere Tropfen entstehn. Nach vorausgegangenem Regen und bei feuchten Winden ist unter übrigens gleichen Umständen die Thaubildung am stärksten, und so scheint auch, übereinstimmend mit einer Bemerkung von De Luc[1], ein niedriger Barometerstand befördernd zu wirken. Im Frühling und noch mehr im Herbst ist die Menge des Thaues am stärksten, vorzüglich in hellen Nächten, denen am Morgen Nebel folgt, oder an hellen Morgen nach einer trüben Nacht. Wird die Luft am Tage stark erwärmt, so folgt reichlicher Thau und im Allgemeinen am reichlichsten zwischen Mitternacht und Sonnenaufgang, obgleich dabei der schon vorher erfolgte Niederschlag hinsichtlich der gebildeten absoluten Menge von Thau berücksichtigt werden mufs.

Nach der 3ten engl. Ausgabe übersetzt von J. C. Horner. Zürich 1821. Dem wesentlichen Inhalte nach in Journ. de Phys. T. LXXX p. 80. 85. 102. 171. 330.

1 Recherches sur les Modif. de l'Atmosph. §. 725.

Bei der Angabe der sonstigen Bedingungen des Bethauens verbindet Wells seine Theorie mit den Thatsachen, indem er sagt, dafs Alles, was die freie Aussicht des Himmels, von der Stelle des ausgesetzten Körpers betrachtet, beschränkt, die Menge des auf denselben fallenden Thaues vermindere. Liefse sich z. B. darthun, dafs eine das Thauen befördernde Bedingung in dem freien Herabsinken der oberen kälteren Luftschichten liege, so würden die von ihm gemachten Erfahrungen auch hierzu sehr gut passen. Ein Büschel Wolle, auf einem mit Oelfarbe angestrichenen 4,5 F. langen, 2 F. breiten und 1 Z. dicken, auf 4 Pfählen in 4 F. Höhe horizontal über einer Rasenfläche ruhenden Brete liegend, gewann in einer Nacht 14 Grains, ein gleicher unter demselben befestigter nur 4 Grains, in einer andern Nacht waren die Zunahmen beider 19 und 6, in einer dritten 11 und 2, in einer vierten 20 und 4. Ein Büschel Wolle mitten unter einem dachförmig zusammengebogenen und über kurzem Grase umgestürzten Pappbogen nahm nur um 2 Gr. zu, während ein anderer, ihm gleicher, nicht fern davon liegender 16 Gr. schwerer wurde. Lag der Büschel senkrecht unter der Giebelecke des genannten Daches, so vermehrte sich sein Gewicht um 7, 9 und 12 Grains, während der ganz frei liegende um 10, 16 und 20 Gr. zunahm. Ein hohler thönerner Cylinder von 2,5 F. Höhe und 1 F. Durchmesser, auf eine Grasfläche gestellt, schützte den Büschel Wolle, welcher an seinem unteren Ende auf dem Grase lag, so sehr, dafs er nur 2 Grains Gewichtszunahme erhielt, während ein gleicher freiliegender 16 Grains Zunahme zeigte. Lagen die Büschel Wolle mitten auf dem oben genannten Brete, so betrug ihre Gewichtsvermehrung 19 und 2,5 Grains, während sie in gleicher Höhe frei schwebend aufgehangen nur 13 und 0,5 erhielten. Ein bedeutender Einflufs des Bodens zeigte sich dadurch, dafs gleiche Büschel Wolle auf Gras, Gartenerde und Kiessand liegend unter sonst gleichen Bedingungen um 16, 8 und 9 Grains an Gewicht zunahmen. Es mufs hierbei bemerkt werden, dafs Kieswege nicht bethauten, Kiessand dagegen auf dem angestrichenen Brete feucht wurde, so wie auch mit Oelfarbe überzogene Thüren Thau zeigten. Wells weifs die Ursache hiervon nicht anzugeben, ein bedeutender Umstand dabei aber ist, dafs lockerer Kiessand die Feuchtigkeit einsaugt, die Oelfarbe des Bretes aber dieses hin-

dert. Hiermit übereinstimmend ist die Erfahrung, dafs die Büschel Wolle auf diesem Brete liegend stärker bethauten, als freihängend oder selbst auf Gras. Die Menge des Thaues wächst mit Vermehrung der Oberfläche, indem sie bei Holzspähnen gröfser ist, als bei einem dicken Stücke Holz, und bei feiner roher Seide, so wie bei feiner unbearbeiteter Baumwolle stärker, als bei der grobfaserigen Wolle, deren sich Wells bediente. Dafs Metalle so gut als gar nicht bethauen, die meisten übrigen Körper aber, mit Rücksicht auf die eben angegebene Bedingung, fast gleichmäfsig, sucht Wells aus einer eigenthümlichen Beschaffenheit derselben abzuleiten. Metalle sind so unfähig zur Aufnahme des Thaues, dafs selbst benetzte trocken werden, während andere Körper Thau aufnehmen, und dafs auf ihnen liegende Wolle nur unbedeutend an Gewicht zunimmt, während frei aufgehangene oder noch mehr die neben den Metallen auf Gras hingelegte eine starke Gewichtsvermehrung zeigt. Ob die Dicke der Metalle auf ihren Widerstand gegen die Aufnahme des Thaues einen Einflufs habe, ist durch Wells nicht ausgemittelt worden, eine grofse Platte, aber auf Gras liegend, widersteht stärker als eine kleine, in der Höhe frei aufgehangen dagegen diese mehr als jene. Wichtig sind noch folgende Versuche. Auf ein Kreuz aus 4 Z. langen, $\frac{1}{2}$ Z. breiten und 1 Lin. dicken Holzstäbchen wurde ein quadratisches Stück Goldpapier, die blanke Seite nach oben, geklebt und dasselbe 6 Z. über dem Boden horizontal aufgehangen; die Stäbchen bethauten, das Goldpapier blieb trocken. Grofse Metallscheiben nahmen auf Gras liegend weniger Thau auf, als einige Zoll hoch auf dünnen Stäbchen ruhend; bei kleinen schien dieses umgekehrt. Eine mit Metallfolie belegte Glasscheibe wird auf der oberen freien Seite ebenso bethaut, als ob sie ohne Folie wäre, und eine Metallplatte auf Gras bethaut an ihrer unteren Seite, in einiger Erhöhung dagegen werden beide Seiten entweder bethaut oder nicht, wobei noch die Art des Metalles einen Unterschied macht, indem Platin den Thau leichter aufnimmt, als Gold, Silber, Kupfer und Zinn, dagegen Eisen, Stahl, Zink und Blei schwerer, als die vier genannten Metalle. Dafs die Metalle hiernach und nach der Ansicht von Le Roy und de Saussure überhaupt gegen Aufnahme des Wasserdampfes unempfindlicher seyn sollten, als andere Körper, glaubt Wells für unstatthaft halten zu müssen,

Digitized by Google

weil sie, dem Wasserdampfe ausgesetzt, gleich viel davon aufnahmen, als Glas; allein bei diesem Versuche waren die Metalle und das Glas kälter, als der muthmafslich heifse Wasserdampf, die Frage aber ist, ob die Metalle unter den Bedingungen des Thauens ihre Wärme auf gleiche Weise als andere Körper verlieren.

Neben diesen Erscheinungen verdienten vorzüglich die Temperaturverhältnisse der Erde, der Luft und der verschiedenen Körper während des Thauens eine nähere Beachtung, die Wells ihnen zuzuwenden keineswegs versäumt hat, indem er sich feiner Thermometer mit etwa 2 Lin. im Durchmesser haltenden Kugeln und hölzernen oder elfenbeinernen, mittelst Scharnieren umzulegenden Scalen bediente. Das Gras war in heiteren und stillen Nächten stets kälter, als die Luft in Höhen von 1 Zoll bis 9 Fufs über demselben, meistens aber wurde der Unterschied nur in einer Höhe von 4 Fufs gemessen und betrug 3; 3,5 bis 4° R., ausnahmsweise noch mehr, und einmal als Maximum 6°,3 R. Bei einem zur Ermittelung des Temperaturunterschiedes verschiedener Körper absichtlich angestellten Versuche hing Wells ein Thermometer 4 Fufs über dem Boden frei auf, ein zweites umgab er mit einem Büschel Wolle und legte es auf das in 4 Fufs Höhe ruhende Bret, ein drittes lag ebendaselbst, die Kugel in den Flaum einer Schwanenbrust gesteckt, ein viertes lag auf dem Brete und ein fünftes im Grase. Alle fünf zeigten an dem ganz heiteren Abende eine ziemlich gleichbleibend verhältnifsmäfsige, mit der Zeit abnehmende Wärme und standen z. B. um 7 Uhr 20 Min. das erste auf 12°,0, das zweite auf 8°,7, das dritte auf 8°,4, das vierte auf 10°,4, das fünfte auf 7°,7 R. Die Erkaltung des Glases begann schon am Nachmittage bei abnehmender Tagswärme; in wolkigen und windigen Nächten dagegen waren die Temperaturen des Grases und der Luft gleich oder das Gras sogar wärmer. Wurde der Himmel nach vorausgegangener Heiterkeit wolkig, so erhielt die Wärme des Grases eine schnelle und unerwartet grofse Vermehrung, die einst während anderthalb Stunden 4° R., ein andermal während 45 Minuten 6°,7 R. ausmachte, da indefs die der Luft nur 2° betrug. In einer Nacht war die Wärme des Grases = 0° R., der Himmel bewölkte sich und in 20 Minuten stieg die Wärme auf 3°,1, fiel aber in gleich langer Zeit wieder

Digitized by Google

auf 0°, als der Himmel sich aufklärte. Dieses Resultat war unter vielen Fällen, wobei die Wärme des Grases nach der Trübung des Himmels stieg und nach wiederkehrender Heiterkeit herabsank, das stärkste. Eintretender Nebel machte den Unterschied beider Temperaturen geringer, nie aber ganz verschwinden. Allgemein zeigten die Thermometer da den niedrigsten Stand, wo die Thaubildung am stärksten war, also war es in der Wolle oben auf dem beschriebenen Brete 4° R. tiefer, als in der Wolle unter demselben, und unter dem Dache von Pappe, so wie im thönernen Cylinder 4°,1 höher, als in der Umgebung. Ferner zeigte das Thermometer in dem Büschel Wolle auf dem Brete 5°,4 R., ein anderes in einem gleichen Büschel und in gleicher Höhe frei aufgehangen 7°,1. Wells spannte in hellen Nächten an den Enden von vier dünnen Stöcken, die in die Erde gesteckt waren, etwa 6 Zoll hoch über dem Boden, ein dünnes leinenes Tuch von etwa 2 F. Seite horizontal aus, und fand das darunter befindliche Gras stets wärmer, als das benachbarte freie. War die Luft einige Fuſs hoch über dem Boden nur um 2° R. wärmer, als das freie Gras, so hatte das geschützte unter dem Tuche mit der Luft gleiche Wärme; einst aber war das freie Gras 5° R. kälter als die Luft, das geschützte nur 3°,5, und einmal war das geschützte Gras sogar 5° wärmer als das freie. Eine 6 Fuſs hoch über dem Boden ausgespannte Schiffsflagge, 8 Fuſs lang und ebenso breit, von äuſserst lockerem Gewebe, gewährte einen gleichen Schutz, jedoch muſs eine solche schützende Decke nicht mit dem Grase in Berührung seyn; denn das von ihr berührte Gras war um 1°,5 kälter als das, über welchem das Tuch in einiger Höhe schwebte. Ferner hing Wells an zwei Stöcken senkrecht auf die Richtung des Windes ein vertical herabgehendes und unten das Gras berührendes Tuch auf. Mehrere Nächte zeigte ein an der Windseite auf dem Grase liegendes Thermometer 1°,7 bis 2°,7 mehr Wärme, als ein in der Nähe frei auf dem Grase liegendes. Der oben erwähnte Kiesweg und die lockere Gartenerde zeigten stets eine höhere Wärme, als das kurze Gras des Rasens, zuweilen selbst eine höhere als die der Luft. Einmal war der Unterschied beider bedeutend, der Himmel wurde trübe und der Unterschied verminderte sich dadurch, daſs der Kies kälter, das Gras wärmer wurde. Wells fügt dieser Beobachtung hinzu,

dafs die Ursache der gröfseren Wärme des Kieses nicht seiner Natur, sondern seiner Lage beizumessen sey, indem er auf dem beschriebenen Brete liegend in vier der Erkaltung günstigen Nächten sich 3°,42, 3°,42, 3°,55 und 3°,78 R. kälter zeigte als die Luft. Die Erde 0,5 oder 1 Zoll unter dem Grase war stets wärmer als das Gras, der Unterschied betrug 3°,66, 4°,0, 4°,44 und zweimal sogar 5°,33 bis 7°,11. Wenn in der Stadt London auf dem Dache des Hauses Wolle auf einem Rahmen liegend der Bethauung ausgesetzt wurde, so zeigte auch diese eine geringere Temperatur, als die umgebende Luft, doch betrug der Unterschied nur 1°,33 und stieg nur einmal auf 2°,22 R.; auf einem Gartenhause auf dem Lande in einer freien Gegend war der Unterschied nicht gröfser. Unvollkommene Versuche ergaben, dafs die Metalle nicht so wie das Gras und bethauende Körper kälter werden, aber selbst die frei in der Luft hängenden Thermometer zeigten eine bis höchstens 1°,75 R. herabgehende geringere Wärme als solche, die mit Goldpapier, die blanke Seite auswärts, umgeben waren. Dünne Metallplatten von 25 bis 100 Quadratzoll Fläche auf Gras liegend waren in der Regel 0°,4 bis 1°,4 wärmer als die Luft in 4 Fufs Höhe, und dann waren sie ohne Thau. Meistens waren sie beträchtlich wärmer als das umherstehende Gras, es wurde jedoch nicht versucht, ob dieses auch in den thaureichsten Nächten statt fand, wohl aber ergab sich, dafs der Unterschied einmal bis 4°,4 R. stieg. Dabei war das Gras unter der Platte stets wärmer als das Metall und die Erde darunter noch wärmer als das Gras. Wurde dagegen das Metall bethaut, so war es stets kälter als die Luft, und von zwei neben einander auf dem Grase liegenden Metallplatten war die bethaute stets kälter als die unbethaute, wobei sich das Gras unter denselben diesem gemäfs verhielt. Metall in einiger Erhöhung über dem Boden wurde bethaut und war dann kälter als das auf dem Grase liegende, jedoch kam die Erkaltung der Metalle derjenigen anderer Körper nicht gleich, mit einem geringeren Unterschiede bei kleineren Stücken als bei gröfseren. Im Allgemeinen ergab sich, dafs unter verschiedenen Körpern die kältesten stets am reichlichsten bethaut waren, allein die Menge des Thaues war nicht allezeit dem Temperatur-Unterschiede der Luft und des Grases proportional; denn in zwei Nächten, in denen dieser 5°,33 und 6°,22 R. betrug, war die

Menge des Thaues nicht so grofs als in anderen, in denen er so hoch nicht stieg; die gröfste beobachtete Menge aber fiel in eine Nacht, wo er nur 1°,3 bis 1°,8 R. erreichte. Selbst ohne eigentliche Bethauung fand in heiteren und stillen Nächten eine Erkaltung des Grases von etwa 1°,25 R. statt. Wells giebt hiervon keinen Grund an, wahrscheinlich weil es sich von selbst versteht, dafs die Feuchtigkeit der Luft oder ihr Gehalt an Wasserdampf eine wesentliche Bedingung des Thauens ist; wenn er aber weiter sagt, dafs er bei gleich hellem und ruhigem Wetter des Morgens allezeit mehr Thau gefunden habe als am Abend, obgleich der Temperatur-Unterschied zwischen Gras und Luft am Abend meistens gröfser war als am Morgen, so ist undeutlich, ob hierbei von der absoluten oder relativen Menge des Thaues die Rede sey. Im ersten Falle ist wohl natürlich, dafs die Menge dieser fortwährend niederfallenden Feuchtigkeit mit der Zeit stets wachsen müsse, was jedoch kaum der Erwähnung werth scheinen mufs, im letzten aber wäre die Erscheinung allerdings räthselhaft.

Wells fügt noch einige Bemerkungen über die Erkaltungsfähigkeit der verschiedenen Körper hinzu, die mir der Beachtung sehr werth scheinen. Gras und namentlich kurz geschorener Rasen erkaltet zwar sehr, aber doch minder stark und mit geringerer Regelmäfsigkeit, als andere faserige und lockere Körper, namentlich feine Wolle, insbesondere rohe Seide, Baumwolle, feiner Flachs und Flaumfedern, welche letztere, noch auf der Haut der Vögel festsitzend, über dem Boden ausgebreitet am stärksten erkalteten und sich zum Messen der Temperatur vorzüglich eigneten. Frisches, nicht zerbrochenes Stroh und feine Papierschnitzel kamen der Wolle ungefähr gleich. Eine zweite, minder erkaltende Classe von Körpern bilden feiner Flufssand, zerstofsenes Glas, Kreide, Holzkohle, Lampenrufs und brauner Eisenkalk; eine dritte bilden feste Körper von wenigstens 25 Quadratzoll Oberfläche, als Glas, Backsteine, Kork, Eichenholz und Wachs, die einen noch geringeren Unterschied ihrer Temperatur und der der Luft zeigen. Merkwürdig ist das Verhalten des Schnees, welchen schon Wilson[1] kälter als die umgebende Luft ge-

1 Philosophical Trans. 1781.

funden hatte, was KIRWAN[1] als eine Folge der gröfseren Kälte in der Region seiner Bildung ansah. WELLS stellte seine Messung an frisch gefallenem, 4 Zoll hohem Schnee an und fand dessen Wärme genau wie die der Luft in 4 Fufs Höhe; bei allen späteren Versuchen fand sich die Temperatur des schon einige Zeit gefallenen Schnees geringer, als die der Luft in 4 F. Höhe. Um die Unterschiede schnell zu überblicken, stelle ich die gemessenen Temperaturen der Luft und des Schnees nebeneinander. Sie waren — 2°,7 und — 4°,4; — 4°,0 und — 5°,8; — 4°,2 und — 8°,4; — 3°,8 und — 6°7; — 2°,7 und — 6°,7. Der Boden unter dem Schnee war allezeit wärmer als der Schnee, was aus der Bodenwärme in England leicht erklärlich ist; Flaumfedern, auf dem Schnee ausgebreitet, zeigten aber stets eine um etliche Grade tiefere Temperatur als der Schnee selbst, auch entsteht die Kälte des letzteren nicht durch Verdunstung, denn das ihn berührende Thermometer stieg augenblicklich, wenn sich ein Wind erhob, welcher die Verdunstung hätte befördern müssen.

Viele, welche seit WELLS Versuche über die Erscheinungen des Thauens angestellt haben, erhielten im Allgemeinen mit den seinigen übereinstimmende Resultate. Dahin gehört vorzüglich HARVEY[2], welcher Uhrgläser auf polirten Zinnflächen aussetzte und einige derselben mit einem metallenen Ringe umgab. Im ersteren Falle war eine innere Kreisfläche frei von Thau, im letzteren war blofs ein Ring des Glases bethaut, die innere Kreisfläche aber und der Rand waren frei. Die Ursache hiervon findet er in der langsameren Abkühlung des Metalles durch Strahlung, indem überhaupt der Thau nur dann die Körper benetzt, wenn ihre Temperatur unter die der umgebenden Luft herabgegangen ist. Mit WILSON übereinstimmend fand er, dafs Verminderung der Temperatur und Bethauung aufhörten, sobald eine Wolke über dem Orte der Beobachtung stand. Endlich sah er die Erscheinung des Thauens auch noch nach Sonnenaufgang fortdauernd. Bei späteren Versuchen mit PRIDHAM war ihm daran gelegen, den Einflufs der Höhe auf diesen Procefs genauer auszumitteln[3],

1 On Temperatures. p. 30.
2 Journ. of the Royal Institution. Apr. 1834. N. 31. Bibl. univ. XXVI. p. 25. Vergl. Edinb. Journ. of Sc. N. 1. p. 161.
3 Edinb. Journ. of Sc. V. p. 69.

und er verglich daher die gleichzeitigen Erscheinungen auf der Höhe des 110 engl. Fuſs hohen Thurmes der St. Andreaskirche zu Plymouth und auf einer darunter liegenden Wiese. In der Nacht des 21sten Mai war ihm die Gleichmäſsigkeit des Verhaltens verschiedener Körper an beiden Stationen am meisten auffallend. Die Temperatur betrug um 10 Uhr Abends an beiden 8°,44 R. und änderte sich die ganze Nacht hindurch nicht merklich. Gleich groſse Platten von Glas und Zinn wurden auf das Gras und oben auf dem Thurme ausgelegt und auf ihnen gleiche Massen Wolle; am andern Morgen um 5½ Uhr hatten die beiden unteren eine gleiche Gewichtszunahme von 14 Grains und die beiden oberen eine gleiche von 7,5 Grains erhalten. An einem andern heitern Abend stellte er einen hohlen zinnernen Würfel von 6 Zoll Seite 2 Z. hoch über dem Grase auf und versah ihn an den 4 Seiten und auf der oberen Fläche mit gleichen Büscheln Wolle; fand dann am andern Morgen den oberen Büschel um 15 Grains, die an den Seiten um 5 Grains schwerer, alle 5 Flächen waren gänzlich, aber die oberste am stärksten und die andere nach unten abnehmend mit Thau bedeckt. Bei einer Wiederholung dieses Versuches, als ein mäſsiger Ostwind wehte, erhielt die Wolle auf der oberen Fläche 10 Grains, die östliche Seite 1,5, die westliche 5 und die beiden andern 2 Grains Gewichtsvermehrung.

Einen interessanten Beitrag zur Vermehrung unserer Kenntniſs in Beziehung auf die beim Processe des Thauens zu berücksichtigenden Thatsachen hat Dr. Stark[1] zu Edinburg geliefert. Es schien ihm, daſs Wells den Einfluſs der Farbe der Körper auf die Menge des von ihnen aufgenommenen Thaues nicht genug berücksichtigt habe, indem er bloſs angebe, daſs schwarze Körper stärker bethaut werden als weiſse, und er suchte daher diesen Mangel durch neue Versuche zu ergänzen. In einem derselben erhielt unter übrigens gleichen Bedingungen schwarze Wolle eine Gewichtszunahme von 32, scharlachrothe von 25 und weiſse von 20 Grains, in einem andern schwarze von 10, dunkelgrüne von 9,5, scharlachrothe von 6 und weiſse von 5 Grains, so daſs also alle farbige Wolle mehr Thau aufnimmt als weiſse. Stark betrachtet

1 Philos. Trans. 1833. p. 299.

dieses als Folge stärkerer Strahlung, was wir einstweilen auf sich beruhn lassen, mit der Bemerkung, daſs der Grund des statt findenden Unterschiedes gewiſs weniger in der Farbe als solcher, als vielmehr in der Mitwirkung der Pigmente zu suchen ist, womit die Wolle gefärbt wurde.

Ueber die an verschiedenen Orten statt findenden Ungleichheiten des Thauens, namentlich in Beziehung auf das Qualitative, lassen sich nur einzelne, vorzüglich in Reisebeschreibungen zerstreute Bemerkungen beibringen. So benutzte Sabine[1] seinen Aufenthalt an der grönländischen Küste, um in einer dortigen Fiörde unter hoher Breite das Phänomen des Thauens zu beobachten. Am 25sten August in der Bai von Gael Hamkes unter etwa 74° N. B. und 21° W. L. v. G. um 9 Uhr 30 Min. Abends, als die Sonne durch nördlich gelegene Hügel bedeckt war, legte er ein Büschel schwarze Wolle auf einen Grasfleck und ein mit einem gleichen Büschel Wolle bedecktes Thermometer daneben. Ein gleiches Thermometer 3 Fuſs über dem Boden unter einem darüber ausgespannten leinenen Tuche aufgehangen zeigte — 0°,88 R. und wurde bei dieser Temperatur mit Thau bedeckt, das mit Wolle umgebene Thermometer auf dem Boden fiel aber bald auf —5°,33 und ebenso tief ging auch ein mit Wolle bekleidetes, in den Brennpunct eines polirten Metallspiegels gebrachtes Registerthermometer herab. Nach 4,5 Stunden zeigte das Thermometer unter dem leinenen Tuche — 1°,77, das auf dem Grase — 5°,33 und das Registerthermometer war auf — 5°,77 R. herabgegangen gewesen, die Wolle endlich hatte bei einem absoluten Gewichte von 8 Grains eine Zunahme von 3 Grains erhalten. Am 28sten Aug. wurden diese Versuche wiederholt, mit dem Unterschiede, daſs Wolle und Thermometer während der 6 bis 7 Stunden, in denen die Sonne bedeckt war, ausgestellt blieben. Das bedeckte Thermometer zeigte abermals — 1°,33, das mit der Wolle — 5°,33 und das Registerthermometer — 5°,77 R., die Wolle aber hatte 5,5 Grains Gewichtszunahme erhalten. Am folgenden Tage zeigten die drei Thermometer — 0°,88, — 4°,88 und — 5°,77. Der Himmel war allezeit vollkommen heiter. Sabine schlieſst hieraus, daſs

---

1 An account of experiments to determine the Figure of the Earth by means of the Pendulum. Lond. 1825. gr. 4. p. 419.

das Wasser des offenen Meeres durch Strahlung gleichfalls an seiner Oberfläche auf — 5°,33 herabgehe, in den Fiörden aber wärmer bleibe, weil die steilen umgebenden Felsen die Strahlung hindern.

Kämtz[1] hat aus dem reichen Schatze von Erfahrungen, die ihm seine grofse Belesenheit in den Reisebeschreibungen verschaffte, verschiedene interessante Thatsachen über die ungleiche Menge des in verschiedenen Ländern fallenden Thaues zusammengestellt, die ich hier mitzutheilen keinen Anstand nehme. Nach den über Verdampfung und Niederschlag bestehenden Gesetzen mufs die Menge des Thaues mit abnehmender Polhöhe wachsen und daher unter dem Aequator oder vielmehr in der äquatorischen Zone am stärksten seyn, vorausgesetzt, dafs der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre daselbst überhaupt ein sehr gesättigter ist, also auf Inseln und in Küstenländern. Am bekanntesten in dieser Beziehung ist die ältere, oben bereits erwähnte Nachricht von Shaw[2], dafs in Arabien ungemein reichlicher Thau fällt, und ebendieses soll zu Suakim am rothen Meere statt finden[3]; zu Tor am Golf von Suez ist der lehmige Boden alle Morgen vom Thaue schlüpfrig[4] und in Alexandrien werden Kleider und Terrassen wie vom Regen benetzt[5]. Ebenso häufig ist der Thau am persischen Meerbusen[6] und die Schiffer erkennen ihre Annäherung an die Küste Coromandel aus dem reichlichern Thaue[7]. Auf Trinidad sammelte Dauxion Lavayssé[8] vom 2ten Dec. bis 1sten Mai den Thau vermittelst Schwämmen und fand hierdurch die Menge des gefallenen Thaues während dieser fünf Monate = 6 Z., aber auch in der trockenen Jahreszeit sind alle Morgen die Pflanzen gänzlich benetzt. Reichlicher Thau fällt ferner in Chili[9], er fehlt dagegen gänzlich auf den

1 Lehrbuch der Meteorologie. Th. I. S. 355.

2 Bergmann physik. Beschreib. d. Erdk. Th. II. S. 27.

3 Burckhardt Nubia. 423.

4 Rüppell Reisen. S. 186.

5 Volney Voyage. T. I. p. 51.

6 Ker Porter Travels T. II. p. 123.

7 Le Gentil Voyages T. I. p. 625.

8 Reisen nach den Inseln Trinidad, Tabago und Margaretha. Weim. 1816. S. 63 u. 76.

9 Molina Naturgeschichte von Chili. S. 17.

Digitized by Google

ausgedehnten wasserlosen Ebenen im Innern der grofsen Continente, und daher gerade unter niederen Breiten, weil sich nur dort solche befinden, z. B. in Brasilien[1] in den Prozinzen Bahia, Goyaz, Pernambuco und Ceará; ebenso zeigt sich von den Bergen Gilan's und Mazanderan's an bis zum persischen Meerbusen und von den Seeen Van und Urmia bis Kaschmir im Sommer keine Spur von Thau[2], auf dem Wege von Aleppo bis Orfa fand Buckingham[3] am Ende Mais und im Anfang des Juni keinen Thau; auch klagen die Reisenden, welche die Wüste Gobi durchwandern, zwar sehr über die empfindliche Kälte der Nacht, erwähnen aber nie den gefallenen Thau, so wie Elphinstone in der Beschreibung seiner Reise nach Cabul. Dafs es daher noch viel weniger in der Wüste Nubiens und der Sahara thauen könne, versteht sich von selbst, doch erwähnt Denham[4], dafs die Kleider der Reisenden vom Thau durchnäfst wurden, als sie in die Nähe des Sees Tsad kamen. In Persien[5] thaut es in feuchten Niederungen nur schwach, ebenso in der Nähe des Euphrats[6] und Nils[7]; in der Nähe der Seeen Pensylvaniens[8] aber sehr stark. Ein merkwürdiger Umstand ist, dafs auf den Korallen-Inseln der Südsee gar kein Thau fällt[9], auch geht die Temperatur dort bei Nacht weit weniger herab, als auf andern, wenig davon entfernten und gleichfalls niedrigen Inseln von festem Gestein. Kämtz gesteht zu, dafs diese Inseln wegen ihres lockeren Gefüges ein vorzüglich starkes Strahlungsvermögen haben und somit stark bethaut werden müfsten; er findet aber den Grund der Abwesenheit des Thaues in der Kleinheit ihrer Oberfläche und in dem Umstande, dafs die durch Strahlung erzeugte Verminderung der Temperatur durch die Wärme des Meeres wieder ausgeglichen wird; allein auf eben-

---

1 Spix und Martius Reise. Th. II. S. 624.
2 Olivier Persien. Th. I. S. 123 u. 145.
3 Mesopotamien. p. 61.
4 Narrative. p. 47.
5 Morier second Journey. p. 154.
6 Olivier Persien. Th. II. S. 225.
7 Bruce Reisen. Th. III. S. 713. Pocock's Beschreibung d. Morgenlandes Th. I. S. 305.
8 Ellicot in G. XXXII. 325.
9 v. Chamisso in Kotzebue's Reise Th. III. S. 33. 128.

Digitized by Google

so kleinen und kleineren Inseln aus festem Gestein findet reichlicher Thau statt, und über den sandigen Ufern des persischen und arabischen Meerbusens, so wie über den Küsten der Nordsee, wo die Verbindung mit dem Meere sowohl hinsichtlich der Oberflächen als auch des eindringenden Wassers, wie nicht minder über den Mooren und Brüchen des nördlichen Deutschlands, wo eine mehr oder weniger dicke und lockere Erdkruste auf dem Wasser ruht, findet im Gegentheil vorzüglich starke Thaubildung statt. Hiernach bleibt also die eigentlich schwierige Frage, warum auf jenen Korallen-Inseln eine geringere oder gar keine Strahlung statt finde, immer noch unbeantwortet. Auf dem Meere endlich thaut es nur selten und in sehr geringer Menge, weil die Temperatur des Meeres und demnach auch die der angrenzenden Luftschicht geringen Aenderungen unterworfen ist, theils wegen der großen specifischen Wärmecapacität des Wassers, theils weil die erkalteten Theile sofort niedersinken und den aufsteigenden wärmeren Platz machen.

B. Theorie.

Die älteren, zur Erklärung der Phänomene des Thauens aufgestellten Theorieen sind oben bereits gelegentlich erwähnt worden, und sie verdienen keine ausführliche Erörterung, da sie auf eine unzulässige Kenntniſs der Thatsachen gegründet wurden; es muſs daher nur noch die von Wells gegebene hier mitgetheilt werden. Bei dieser liegen folgende Hauptsätze zum Grunde. Zuerst rührt die ungleiche Menge des auf gleichartige, aber in verschiedener Lage gegen den Himmel sich befindende Körper abgesetzten Thaues von dem verschiedenen Grade ihrer Erkaltung her, und es ist diese Kälte keine Folge des Thauens, sondern vielmehr Ursache desselben. Dabei ist aber zweitens der hygrometrische Zustand der Luft eine Hauptbedingung, indem bei gleicher Temperaturverminderung die Menge des Thaues der Menge der in der Luft befindlichen Feuchtigkeit proportional gefunden wird. Aus dieser Ursache ist die Menge des Thaues im Sommer gröſser als im Winter. Ferner findet stets ein Fortschreiten, wenn auch nur ein geringes, der Lufttheilchen statt, und da diese somit allmälig alle ihre Feuchtigkeit abgeben, so liegt hierin der Grund,

Digitized by Google

weswegen die Körper auf dem 4 Fufs erhobenen Brete stärker bethauen, als das Gras des Bodens, obgleich die Bethauung des letzteren früher beginnt; denn die mit der Wolle auf dem Brete in Berührung kommenden Luftttheilchen konnten vorher nicht so viel Wasser absetzen, als die über das Gras hinstreichenden. Hygrometrische Substanzen sind der Bedingung des Erkaltens ebenso als sonstige Körper unterworfen und müssen daher einen höheren Grad der Feuchtigkeit, als welcher wirklich statt findet, anzeigen, was mit den Erfahrungen von de Saussure und de Luc vollkommen übereinstimmt.

In Folge dieser Thatsachen und in Gemäfsheit der Ansichten von Prevost stellt Wells wörtlich folgende Theorie des Thauens auf. „Man nehme an, dafs ein kleiner, die Wär„me frei ausstrahlender Körper, welcher so, wie die umge„bende Atmosphäre, wärmer als 0° R. sey, bei heller und ru„higer Luft auf eine im Freien liegende, die Wärme wenig „fortleitende Fläche gelegt werde, und stelle sich vor, dafs „über demselben in irgend welcher Höhe in der Atmosphäre „eine feste Eisdecke schwebe. Die Folge wird seyn, dafs „der Körper sehr bald kälter seyn wird als die umgebende „Luft. Denn da seine Wärme nach oben ausstrahlt, so wird „er vom Eise dagegen nicht so viel eintauschen, als er ab„giebt; ebenso kann er auch von der Erde keinen Ersatz er„halten, weil ein schlechter Wärmeleiter ihn von derselben „trennt. Von der Seite her kann ihm die unbewegte Luft „ebenso wenig das Abgehende zuführen; er mufs also noth„wendig kälter werden als die Luft, und wenn diese hin„länglich mit Dünsten beladen ist, dieselben auf seiner Ober„fläche verdichten. Genau so ist der Hergang der Sache beim „Bethauen des Grases in einer hellen und ruhigen Nacht. Die „oberen Theile des Grases strahlen ihre Wärme in die Regio„nen des leeren Raumes aus, von wo ihnen keine Wärme zu„rückkommt, und die unteren lassen wegen ihrer geringen „Wärmeleitung nichts von der Wärme der Erde durch; die „umgebende Luft liefert nur unbedeutenden Ersatz, und so „mufs das Gras sich unter die Temperatur der umgebenden „Luft erkalten und dadurch die Dünste an sich niederschla„gen."

Wells fügt dieser einfachen Darstellung seiner Theorie

Digitized by Google

noch einige Betrachtungen hinzu, die zur Erläuterung und zur Begründung derselben dienen sollen. Dahin gehören die Versuche, aus denen man eine Strahlung der Kälte zu folgern sich berechtigt glaubte, und die Bemerkung, daſs die Sonne am Tage durch Zuführung von Wärmestrahlen stets mehr Wärme erzeuge, als durch Strahlung gen Himmel verloren gehe, welcher Zufluſs von Wärmestrahlen, wenn auch in geringerem Maſse, selbst an trüben und nebligen Tagen fortdaure. Dem Wärmeverluste durch Strahlung wirken andere Bedingungen entgegen, als namentlich die Zuführung der Wärme aus der Erde, die von andern umgebenden Körpern ausstrahlende Wärme, die von der Luft zugeführte und die durch den niedergeschlagenen Wasserdampf abgegebene, deren quantitatives Verhältniſs bis jetzt noch nicht durch Versuche bestimmt werden konnte; dennoch aber ist der durch Strahlung erzeugte Verlust immer noch ausnehmend groſs. Wells berechnet diese Wärmeverminderung auf 8 bis 9° R., wenn man berücksichtigt, daſs nach den Versuchen von Six die Wärme der Luft in 200 F. Höhe um 1°,77 bis 2°,25 wärmer ist, als in der Nähe der Erdoberfläche. Sammelte sich die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme stets an, so würde sie einen enormen Grad erreichen, und es ist also eine wohlthätige Einrichtung der Natur, daſs jene durch Strahlung wieder entweicht, aber noch wohlthätiger ist, daſs dieses den erquickenden Thau erzeugt, welcher am reichlichsten auf diejenigen Körper niederfällt, die seiner am meisten bedürfen und die noch obendrein durch die aus dem niedergeschlagenen Wasserdampfe frei werdende Wärme gegen den Nachtheil der Kälte geschützt werden.

Die Erkaltung der Körper durch die ihnen eigenthümliche Wärmestrahlung wird vermindert, wenn die umgebenden Körper durch Ausstrahlung ihrer Wärme jenen stets neue zusenden, wie dieses namentlich durch Häuser und Mauern geschieht. Auf welche eigenthümliche Weise die Wolken eine gleiche Wirkung zeigen, ist zwar durch Versuche nicht auszumitteln, „allein man darf der gegebenen Erklärung zufolge „mit Sicherheit annehmen, daſs dieses von der Wärme herrühre, welche sie der Erde zurücksenden zum Ersatz dessen, „was von dieser ausgestrahlt und von jenen aufgefangen wurde.“ Wenn also die Bewölkung des Himmels das Ther-

Digitized by Google

mometer zum Steigen bringt, so ist dieses nicht Folge der niedergeschlagenen Dämpfe, weil die hierdurch erzeugte Wärme sich bald zerstreuen müſste, das Niederfallen des Thaues aber die ganze Nacht hindurch gehindert wird. Dichte und nahe über der Erde schwebende Wolken senden der Erde ebenso viele Wärme zurück, als sie durch Strahlung von ihr erhalten; hohe Wolken thun dieses weniger, und daher kann bei ihrem Vorhandenseyn dennoch eine Erkaltung des Bodens statt finden. Nebel haben ein geringeres Vermögen, die Wärmestrahlung zu hindern, und daher fand Wells bei einem dicken Nebel einst den Boden 4° R. kälter als die Luft, was daraus erklärlich werden soll, daſs nach Leslie's[1] Erfahrung Nebel die Wärmestrahlen der Sonne zum Theil durchlassen, mithin auch den Erfolg der Strahlung von der Erde aufwärts nicht ganz aufheben können; einiges Hinderniſs verursachen sie aber allerdings, denn unter gleichen Umständen, als in der nebeligen Nacht, betrug der Unterschied der Temperatur des Bodens und der Luft 6° und 6°,5 R. Bedingend wirkt zugleich die Zuführung der Wärme von andern Körpern, insbesondere von compacten und gut leitenden, worauf der Umstand beruht, daſs kleine Massen Kiessand auf dem Brete stärker erkalteten, als der Kiesweg. Beim Winde strahlen die Körper ebenso viele Wärme aus, als ohne denselben, allein es wird durch ihn stets neue warme Luft herbeigeführt, was daher, wenn dieselbe mit Dünsten überladen ist, eine Vermehrung des Thaues bewirken kann. Am stärksten ist die Erkaltung in kleinen Vertiefungen, weil dort die Luft ruhiger ist und daher keine wärmeren Lufttheilchen herbeigeführt werden, zugleich aber durch baldige Aufnahme alles vorhandenen Wasserdunstes nicht stets neue Wärme aus dem wässerigen Niederschlage hervorgeht. Hiermit zusammenhängend ist die bekannte Eisbildung in Indien und die Erfahrung, daſs in Niederungen die sogenannten Nachtfröste mehr schaden als auf Anhöhen. Um dieses allerdings sonderbare Phänomen zu erklären, dessen Ursache Leslie im Niedersinken kalter Luftmassen findet, sucht Wells zu beweisen, daſs die Luft vermittelst der in ihr befindlichen Sonnenstäubchen von den durchgehenden Lichtstrahlen Wärme aufnimmt, mithin auch wieder

1 Ueber Wärme und Feuchtigkeit. 1813. 8. S. 57.

ausstrahlt, weil alle die Wärme am leichtesten durchlassenden Körper auch am stärksten strahlen. In heiteren Nächten strahlt die Erde am stärksten, die Luft weniger, aber Letztere giebt dann der Erde durch Strahlung gleichfalls Wärme ab, ist aber bei Nacht in gröfseren Höhen stets wärmer als nahe über der Erde, wie für 220 Fufs Höhe aus den Versuchen von Six hervorgeht, wovon dann auf gröfsere Höhen geschlossen werden kann. Zugleich kommt hinzu, dafs auf Hügeln stets einige Luftbewegung statt findet, wodurch wärmere Massen herbeiströmen. Ebendaher thaut es auf Hügeln weniger als in Niederungen, wobei zugleich der geringere Feuchtigkeitsgehalt der höheren Luftschichten bedingend ist, auch bethaut das Gras am stärksten, Gesträuche weniger und hohe Bäume noch weniger. Polirte Metalle bethauen wenig oder gar nicht, weil sie ein geringes Strahlungsvermögen haben, ihre Wärme, wenn sie dick sind, weniger abgeben und stets die Temperatur der umgebenden Luft annehmen. Liegt eine Metallplatte auf dem Grase, so bethaut sie weniger, als wenn sie frei hängt, weil sie die Wärme aus dem Boden aufnimmt; aber hierbei macht die Gröfse einen Unterschied, indem eine grofse Platte auf dem Grase nur wenig Thau aufnimmt, eine kleine mehr, und mehr als eine solche frei schwebende, weil der ersteren ihre Wärme schneller durch das umgebende Gras entzogen wird.

Den aufsteigenden Thau betreffend, sofern die französischen Akademiker den von der Erde aufsteigenden Wasserdampf als einzige Quelle des Thaues ansahn, weil eine umgestürzte Glasglocke inwendig so stark bethaut, eine Ansicht, die auch neuerdings durch Webster[1] vertheidigt wurde, stellt Wells keineswegs in Abrede, dafs durch die Ausdünstung der Erde Thau erzeugt werde, auf keine Weise aber die gesammte Menge desselben oder nur der gröfsere Theil, was ohne weitere Argumente schon aus den Versuchen hervorgeht, wonach die auf dem horizontalen Brete liegenden Büschel Wolle stärker, als die unter demselben befindlichen bethauten. Wenn man auf gleiche Weise annahm, der Thau entstehe aus dem Wasserdampfe der Pflanzen selbst, wofür das Bethauen derselben unter einer Glasglocke angeführt wurde.

1 Mem. of the Amer. Acad. T. III.

Digitized by Google

so streitet gegen die Allgemeinheit dieses Satzes der Umstand, dafs getrocknete Pflanzen, so wie sonstige nicht mehr vegetirende Körper stark bethauen. Endlich erwähnt Wells die von den Alten, namentlich Plinius und Plutarch, geäufserte, auch in neueren Zeiten gehegte Meinung, dafs Fleisch, welches den nächtlichen Strahlen des Mondes ausgesetzt gewesen, leichter in Fäulnifs übergehe. Sollte diese Thatsache wirklich begründet seyn, so wäre der Grund in keinem andern Umstande zu suchen, als in der grofsen Menge des Thaues, welcher in mondhellen Nächten die Feuchtigkeit des Fleisches vermehrt.

Die von Wells im Jahre 1817 aufgestellte Theorie des Thauens, welche kurz zusammengefafst nichts weiter sagt, als dafs die Körper ihre Wärme durch Ausstrahlung derselben in den leeren Himmelsraum verlieren und demgemäfs, mit Rücksicht auf ihre hygroskopische Beschaffenheit, den in der Luft enthaltenen Wasserdampf in so viel gröfserer Menge aufnehmen, je stärker ihr Ausstrahlungsvermögen an sich ist und je weniger dieser Procefs der Strahlung durch anderweitige Einflüsse gehindert wird, fand ebenso grofsen als ungetheilten Beifall[1] und wurde daher von den bedeutendsten Physikern, unter denen ich nur Arago[2] und Kämtz[3] nennen will, wiedergegeben. Nur wenige Gelehrte haben gewagt, der allgemein aufgenommenen Ansicht zuwider, einige Einwendungen dagegen vorzubringen. Dahin gehört eine sehr bescheidene Aeufserung von dem gründlichen Forscher Sykes[4], dafs einige Umstände bei den Erscheinungen des Thauens zu Dukhun gegen jene Theorie streiten, doch, setzt er hinzu, möchten ausgedehntere und sorgfältigere Versuche wohl zeigen, dafs diese von eigenthümlichen Bedingungen herrühren, die im Ganzen die durch Wells aufgestellten Combinationen nicht treffen, und aufserdem könnten auch einige Anomalieen aus einem ungleichen Strahlungsvermögen der Körper auf verschiedenem Boden herrühren; was jedoch im Grunde nichts an-

---

1 S. Ann. Chim. et Phys. T. V. p. 183.

2 Aus dem Annuaire pour 1818 in: Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturkunde. Von Arago, übers. von Remy. Stuttg. 1837. 1ste Abth. S. 231. 2te Abth. S. 128.

3 Handbuch der Meteorologie. Th. I. S. 357.

4 Philosoph. Trans. 1835. p. 193.

Digitized by Google

deres heifst, als eine wankende Hypothese durch eine andere, noch minder feste unterstützen. Auch Martius[1] hat aus seinen Erfahrungen in Brasilien einige Einwendungen entnommen. Zuerst findet er es auffallend, dafs in den näher am Aequator liegenden Gegenden die Thaubildung am stärksten sey und meistens am Nachmittage der Himmel sich trübe, was mit der grofsen dort herrschenden Wärme im Widerspruch stehe. Allein Kämtz zeigt dagegen sehr richtig, dafs dieses vielmehr mit dem hohen Feuchtigkeitsgrade der Luft in jener Zone sehr genau übereinkomme, da die übersättigte Luft erst einen Theil ihres enthaltenen Wasserdampfes verliert, ehe sie als oberer Passat den Polen zuströmt. Eine andere Einwendung soll daraus hervorgehn, dafs die Thautropfen zahlreich auf den harten und spiegelglatten Blättern der Lorbeeren, Hymenäen u. s. w. gefunden werden, weswegen Martius diese als das Product der Ausdunstung jener Pflanzen ansieht, da glatte Flächen der Strahlung hinderlich sind. Kämtz nennt diesen Schlufs voreilig, da alle Körper so viel stärker strahlen, je weniger sie leiten, und das so vorzüglich glatte Glas gleichfalls stark strahlt. Man mufs aber auf der andern Seite zugestehn, dafs der reinen Erfahrung nach schlechtleitende Körper, deren Molecüle also die Wärme nicht mit Begierde zwischen ihre Interstitien aufnehmen, mithin auch weniger fest zurückhalten, sie auch leicht abgeben und daher schnell erkalten, womit aber der Grund, dafs Letzteres in Folge einer *Strahlung* statt finde, nicht unmittelbar erwiesen ist, und ebenso wird stets nur die Thatsache wiederholt, dafs glatte Glasflächen die Strahlung nicht hindern, obgleich dieses durch glatte Metallflächen wirklich geschieht, ohne den Grund dieses Unterschiedes aus der Natur beider Körper und des Verhaltens der Wärme zu ihnen abzuleiten.

In zwei sehr ausführlichen, wo nicht weitschweifigen Abhandlungen suchte Henry Home Blackadder[2] nicht sowohl die Theorie von Wells zu widerlegen, als vielmehr durch eine neue eigene von ihm selbst zu verdrängen. Er nimmt an, dafs zwei Hypothesen existiren; nach der einen soll die kalte Luft der oberen Regionen niedersinken, nach der andern

---

1 Spix und Martius Reise nach Brasilien. Th. II. S. 624.

2 Edinburgh Philos. Journal. XXI. p. 51.

die Erkaltung der Körper eine Folge der Strahlung seyn, bei beiden vermifst er aber, dafs auf die durch Verdunstung erzeugte Kälte keine genügende oder gar keine Rücksicht genommen sey. Er sucht daher zu beweisen, dafs das Gras nach Sonnenuntergang durch Ausdünstung erkalten müsse, und indem der warme Wasserdampf, hauptsächlich in Folge des unter dem Grase befindlichen wärmeren Bodens, aufsteigt, mufs er an den erkalteten Blättern condensirt werden. Die hierdurch erzeugte Kälte würde während der ganzen Nacht zunehmen, wenn nicht die Luft und der aus ihr niederfallende Wasserdampf einen Ersatz der Wärme gäbe. Die auf diese Weise abgekühlte Luft, wenn sie nicht abfliefsen kann, nimmt den tiefsten Ort ein, und daher wächst die Wärme der Luft mit der Höhe. Hierin soll die primäre Ursache des Thaues enthalten seyn, eine secundäre aber in einem Niederschlage des Wasserdampfes aus der Luft liegen. Damit zusammenhängend ist die Erscheinung, dafs Wolken sich zerstreuen, welches hauptsächlich durch das Niederfallen ihrer wässerigen Partikeln im Thau geschieht, ein Procefs, welcher mit der Bildung der Morgennebel Aehnlichkeit hat. Vorerst nimmt Blackadder blofs Rücksicht auf den Einwurf, welchen Wilson[1] dieser von ihm vertheidigten Hypothese aus der Kälte der Schneeoberfläche entgegengesetzt hat, und meint, dafs auch diese durch Verdampfung erkalten müsse, die übrigen, weit gewichtigern Argumente sucht er in einer andern ausführlichen Abhandlung[2] zu widerlegen.

Gegen die Thatsache, dafs der Thau auch auf solide oder eigentlicher nicht vegetirende Körper niederfällt, wird der Einwurf gemacht, dafs dünne Metallplatten auf Papier keine genügenden Resultate geben können, weil das Papier eine sehr hygroskopische Substanz sey, die daher die Wirkungen einer so dünnen Metallplatte allzusehr modificire. Die Resultate dieser Versuche weist daher Blackadder ganz von der Hand, weil auf diese Weise gar nicht hätte experimentirt werden sollen. Aber auch wenn Thermometerkugeln mit lockeren Körpern, namentlich Wolle u. s. w., umgeben wurden, war diese Methode auf jeden Fall höchst mangelhaft, weil alle

1 Supplem. to the Encyclop. Brit. T. III. p. 555.
2 Edinburgh Philos. Journ. N. XXVII. p. 81. N. XXVIII. p. 240.

hierzu gewählte Körper sehr hygroskopisch sind. Angenommen, es sey dann die Existenz einer Strahlung erweislich, so müfste zugleich dargethan werden, dafs nicht gleichzeitig auch Verdampfung existire oder die hierdurch erzeugte Kälte nicht hinreiche, um die Bethauung genügend zu erklären. Die von WELLS angestellten Versuche seyen sämmtlich ungenügend, um die Existenz und die Wirkungen einer Strahlung aus denselben zu folgern. Zum Beweise werden einige derselben angegeben, in denen die Wolle ohne Thaubildung eine Verminderung ihrer Wärme zeigte, was als Folge einiger Verdunstung gelten soll, da bekanntlich solche Substanzen in denjenigen Nächten am stärksten erkalten, in welchen gar kein Thau niederfällt. Auf dem Boden liegende Wolle ist auf jeden Fall etwas kälter, als der aus der Erde aufsteigende Dampf, und mufs daher von diesem aufnehmen; dafs aber alle lockere Körper eine niedrigere Temperatur annehmen, als der Boden, worauf sie liegen, ist eine Folge der stärkeren, durch die in alle ihre Zwischenräume eindringende Luft bewirkten, Verdunstung. Dafs die Wolken ein Hindernifs der Abkühlung und also der Thaubildung abgeben, folgt ganz natürlich aus der höheren Temperatur dieser Wolken und ihrem Feuchtigkeitszustande, welcher die Ausdünstung hindert. Metalle, da sie gute Leiter der Wärme, aber nicht hygroskopisch sind, werden bethaut, zuerst mechanisch, indem sie die mit der Luft herabsinkende Feuchtigkeit aufnehmen und am weiteren Herabsinken hindern, die sie enthaltende Luft mag damit übersättigt seyn oder nicht, und zweitens indem sie nicht blofs mechanisch wirken, sondern kälter sind, als die umgebende Luft, indem sich die Feuchtigkeit auf ihnen in gewohnter Weise niederschlägt. Liegt eine polirte Metallplatte auf Gras, welches (durch Verdunstung) kälter geworden ist oder wird, oder befindet sie sich in einiger Höhe, so wird sie im ersten Falle durch das Gras unmittelbar, im zweiten durch die kühlere Luft mittelbar kälter werden und den Thau aus derselben aufnehmen, sofern sich mit Gewifsheit annehmen läfst, dafs bei gröfster Ruhe der Luft dennoch einige Bewegung derselben statt findet. BLACKADDER beruft sich hierbei auf eine Erfahrung, indem er einmal auf einer Wiese einen vom Boden aus anwachsenden sehr feinen Nebel bei gänzlich unbewegter Luft wahrnahm, welcher aber nicht ruhte, sondern

wellenförmige Bewegung zeigte, und durch einen kurz dauernden, sehr sanften Westwind nicht fortbewegt wurde, sondern in sich verschwand. Zwei Einwürfe, die aus dem Verhalten der Metalle gegen den Thau hervorzugehn scheinen, nämlich dafs sie mit polirter Oberfläche weder eine bedeutende Temperatur-Verminderung erleiden, noch reichlichen Thau aufnehmen, und zweitens den aufgenommenen Wasserdampf oft schnell wieder verlieren, sollen dadurch beseitigt werden, dafs man die geringsten Spuren des niedergeschlagenen und wieder verschwindenden Thaues auf polirten Metallflächen sofort wahrnimmt, die man auf rauhen Flächen nicht erkennt. Dafs Glas vorzugsweise den Thau aufnimmt und Blei unter den Metallen am stärksten bethaut, hat man unnöthig aus der Strahlung abgeleitet, da es doch einfach aus der geringen Wärmecapacität und dem schlechten Leitungsvermögen beider Körper erklärlich wird.

Fassen wir die von Blackadder aufgestellte Theorie kurz zusammen, so läuft sie einfach darauf hinaus, dafs die Pflanzentheile und lockere Substanzen durch Verdunstung abgekühlt werden und wegen ihrer hygroskopischen Eigenschaft den Wasserdampf aus der Luft aufnehmen. Dabei ist allerdings nicht wohl begreiflich, warum bei diesen Körpern die durch Abgabe ihrer Feuchtigkeit erzeugte Kälte nicht durch die Condensirung des atmosphärischen Wasserdampfes wieder compensirt wird, da beide Processe einander gerade gleich, aber entgegengesetzt sind; auch wird zwar behauptet, aber nichts weniger als bewiesen, dafs das Verhalten des Glases und polirter Metalle rücksichtlich des Bethauens aus ihrer geringen Wärmecapacität und ihrem schlechten Leitungsvermögen erklärlich sey; denn wenn man den Thau als einen einfachen wässerigen Niederschlag, durch Entziehung der Wärme entstanden, betrachtet, so mufs gerade auf denjenigen Körpern die gröfste Menge von Feuchtigkeit abgesetzt werden, welche wegen ihrer besseren Leitung die Wärme am leichtesten und wegen ihrer gröfseren Capacität sie in gröfster Menge aufnehmen. Blackadder argumentirt aber anders und sagt: Körper von geringer Wärmecapacität verlieren ihre Wärme leicht durch Abgabe derselben an die in Folge der Verdunstung erkaltete Luft. Sind sie dann zugleich hygroskopisch, so nehmen sie leicht die atmosphärische Feuchtigkeit auf, und zu den hygroskopi-

Digitized by Google

schen scheint er auch das Glas zu rechnen, indem er bemerkt, daſs es so gern Feuchtigkeit aufnehme. Nicht hygroskopische Körper dagegen, namentlich Metalle, nehmen um so weniger Feuchtigkeit auf, je geringer ihre Wärmecapacität ist, und befördern das Verschwinden des auf ihnen abgelagerten Thaues durch ihre groſse specifische Wärme und ihr vorzügliches Leitungsvermögen. Beifall hat diese Theorie nicht eben gefunden.

Der neueste Gegner dieser Theorie ist Jos. Jul. van Roosbroek aus Löwen, welcher neun Jahre lang Beobachtungen und Versuche über den Thau angestellt und hierauf die Beantwortung der von der Gesellschaft zu Rotterdam aufgegebenen Preisfrage gegründet hat. In seiner gekrönten Abhandlung widerlegt er zuerst die von Wells aufgestellte Theorie als unverträglich mit anerkannten Thatsachen und ungenügend zur Erklärung aller vorkommenden Phänomene, dann theilt er die Resultate seiner eigenen Erfahrungen mit und giebt zuletzt eine neue Theorie, welche allen vorkommenden Bedingungen genügen soll[1]. Vor allen Dingen stützt van Roosbroek seinen Widerspruch auf theoretische Gründe, indem er sagt, daſs eine Wärmestrahlung nur statt haben kann unter der Bedingung einer Reciprocität und von einem materiellen Körper gegen einen andern, wonach also eine ungleiche Spannung der Wärme der Erde und des leeren Raumes statt haben müſste, die jedoch dem nicht materiellen Raume des Himmels nicht zugeschrieben werden kann. Auſserdem komme keine Erscheinung vor, daſs ein strahlender Körper seine Wärme einem kälteren durch einen wärmeren zusende, was offenbar bei der kälteren Erde durch die wärmere Atmosphäre statt finden müſste. Der Thau entsteht nur bei heiterem Himmel, aber er bleibt auch dann zuweilen aus, was nach Wells ganz unerklärlich ist, weil in diesen Fällen die Strahlung ohne irgend einen Grund entweder nicht statt finden oder keine Erkaltung bewirken müſste. Minder gewichtig ist das Argument, daſs nach eben dieser Theorie nur dann die Bildung des Thaues statt finden könnte, wenn der Boden kälter ist, als die über ihm ruhende Atmosphäre, und daſs unter dieser letzteren Be-

---

1 Théorie de la Rosée cet. Rotterd. 1836. 4. Vergl. l'Institut, 1836 N. 185.

dingung allezeit ein Bethautwerden erfolgen müſste; denn es versteht sich sogar ohne eine eigentliche Bestimmung wohl von selbst, daſs der Sättigungszustand der Atmosphäre zugleich dabei in Betrachtung kommt.

Van Roosbroek entnimmt aus seinen eigenen Beobachtungen folgende wesentliche Resultate. Das Thauen erfolgt bei heiterem Himmel, doch können auch Wolken, jedoch nur in den oberen Regionen, vorhanden seyn, und das Thauen ist dann in der Regel von einem leichten kaum sichtbaren Nebel begleitet. Meistens bemerkt man während des Processes ein sehr leichtes Wehen, welches aus einer aufsteigenden Bewegung der Luft besteht. Das Thauen findet in allen Stunden der Nacht statt und dauert bis zum Morgen, wenn es am Abend begonnen hat, jedoch hört es zuweilen auf, wenn gleich der Himmel seine Heiterkeit nicht verliert, und der herabgefallene Thau verschwindet mitunter in den späteren Stunden der Nacht; auch geben gleich heitere Nächte keineswegs eine gleiche Quantität Thau, vielmehr ist diese oft ungleich geringer und bleibt zuweilen ganz aus. Der Barometerstand hat keinen Einfluſs auf das Phänomen, vorausgesetzt, daſs sein Stand unverändert bleibt, dagegen ist der Wind und seine Richtung von desto gröſserer Bedeutung, indem nicht bloſs bei starkem Winde der Thau zu fehlen pflegt oder seine Menge geringer ist, sondern auch speciell zu Löwen bei S.-, SO.- und SW.-Winde eine bedeutend gröſsere Quantität fällt, als bei N.-, NO.- und NW.-Winde. Das Thauen gehört allen Jahreszeiten an, jedoch ereignet es sich häufiger und in gröſserer Menge im Sommer vom Monat April bis zum September, als im Winter, in welcher Zeit der Thau während der Kälte in fester Gestalt herabfällt und überhaupt bei herrschender höherer Temperatur sich reichlicher zeigt. Im Allgemeinen fällt die gröſste Menge Thau nahe über der Erdoberfläche, jedoch gehört er allen Höhen an und fällt zuweilen gleichzeitig an niedrigen und hohen Orten, zuweilen aber ausschlieſslich auf der Oberfläche der Erde, zu andern Zeiten bloſs in einiger Höhe über derselben. Allezeit ist das Phänomen mit einer Verminderung der Lufttemperatur verbunden, aber die Menge des Niederschlags ist dieser keineswegs direct proportional, auch fordert es keineswegs einen Unterschied der Wärme der Luft und der bethauten Gegenstände, dagegen werden die verschiedenen Ob-

Digitized by Google

jecte verschieden stark bethaut, indem namentlich von Mauern eingeschlossene Räume zuweilen stark benetzt werden, zu andern Zeiten aber ganz frei bleiben. Aufserdem fällt reichlicherer Thau auf glatte, junge Pflanzentheile, als auf rauhe, reichlicherer auf Blumen und Früchte, als auf die Blätter, und es ereignet sich zuweilen, dafs die Blumen allein bethaut sind, während die Blätter frei bleiben. Glatte Früchte, Gräser, Mohn, Weinblätter, Lein, Kohl, Sellerie u. s. w. werden am stärksten bethaut, und überhaupt sind zuweilen blofs die Früchte benetzt, alle übrige Gegenstände aber trocken. Unter den übrigen Körpern werden die Nichtleiter der Elektricität am stärksten bethaut und unter den Metallen die positiv elektrischen, so dafs die Menge des Thaues derjenigen Stelle proportional ist, welche die Körper in der elektrischen Reihe einnehmen, weshalb Gold und Silber also eigentlich gar nicht bethaut werden, obgleich auch diese Regel zuweilen Ausnahmen erleidet. Die Politur hat keinen Einflufs auf das Bethauen, jedoch fällt der Thau zuweilen auf die untere Fläche, meistens auf die obere, selten auf die seitlichen. Als wesentlich hebt van Roosbroek heraus, dafs das Manometer stets beim Thauen sinken soll, worauf hauptsächlich seine Theorie gegründet ist. Hiernach liegt die Ursache in der Luft selbst, wie bei allen wässerigen Niederschlägen. Die Sache kurz gefafst soll die Luft aufsteigen, sich mehr ausdehnen und hierdurch gleichzeitig eine Verdünnung derselben, verbunden mit Verminderung der Temperatur, erzeugt werden, welches dann das Niederfallen des wässerigen Niederschlages nach sich zieht. Wird dieses zugegeben, so ist es allerdings leicht, die einzelnen Erscheinungen des fraglichen Phänomens hiermit in Uebereinstimmung zu bringen. Bei heiterem Himmel findet das Aufsteigen der Luft, die Bindung der Wärme und der wässerige Niederschlag ungehindert statt, bei bedecktem dagegen kann dieses nicht seyn, weil die Bildung und das Herabsinken der Wolken der aufsteigenden Bewegung der Luft, wodurch die Erzeugung des Thaues ursprünglich bedingt wird, gerade entgegengesetzt sind, und ebenso wenig kann es unter einer ausgespannten Decke überhaupt oder stark thauen. Auf gleiche Weise mufs auch die horizontale Bewegung der Luft, welche bei den Winden statt findet, die Bedingungen des Thauens modificiren. Alle diese Hindernisse wirken jedoch

Digitized by Google

nicht absolut, indem die aufsteigende Bewegung der Luft auch bei etwas bedecktem Himmel und beim Wehen leichter Winde in geringerem Grade statt finden kann, so dafs also auch unter solchen Umständen ausnahmsweise die Bildung des Thaues möglich bleibt.

Wird gleich diese Theorie bei den Anhängern der von Wells aufgestellten keinen Beifall finden, so mufs man doch gestehn, dafs der Urheber derselben bei seinen neunjährigen Beobachtungen die Thatsachen sehr genau erforscht und sinnreich erklärt hat, zugegeben, dafs seine Einwendungen gegen die blofs hypothetische Strahlung so leicht nicht zu beseitigen seyn dürften. Wollte man seine Hypothese noch etwas schärfer auffassen, so könnte man mit anderweitigen Erscheinungen sehr übereinstimmend annehmen, dafs bei Tage einmal sicher ein Aufsteigen der erwärmten, mit Dampf erfüllten Luft (*courant ascendant*) statt findet, welches nach mechanischen Gesetzen auch nach dem Aufhören der Ursache noch eine Zeit lang fortdauern und nothwendig Kälte erzeugen mufs, sobald die es bedingende Erwärmung durch die Sonnenstrahlen aufhört, was dann offenbar zur Herstellung des Gleichgewichts ein Nachsinken der oberen kälteren Luft nach sich zieht, so dafs schon hierdurch unmittelbar ein Niederschlag des Wasserdampfes bewirkt werden müfste. Auf diese Weise liefse sich der Procefs des Thauens ganz einfach erklären; doch bin ich keineswegs der Ansicht, dafs diese Hypothese für alle Phänomene genüge.

Gegen die Hypothese der Strahlung überhaupt und die Erklärung des Thaues als Folge derselben habe ich selbst mich wohl zuerst ausgesprochen[1], ungeachtet des grofsen und allgemeinen Beifalls, womit dieselbe aufgenommen wurde. Was sich zur Widerlegung der Existenz einer solchen *Strahlung* im Allgemeinen sagen läfst, gehört zu sehr in die Theorie der Wärme, als dafs es hier zur Erörterung kommen könnte, und ich bringe daher für jetzt nur diejenigen Schwächen zur Untersuchung, die sich in der oben mitgetheilten Theorie von Wells unmittelbar auf den Procefs des Thauens bezüglich

---

1 Sacra Natalitia die XXII. Nov. 1819 celebrata renuntiat G. W. Muncke. Heidelb. 1819. 4. Eine wenig in das Publicum gekommene Prorectorats-Dissertation.

finden. In dieser Hinsicht läfst sich nicht verkennen und mufs wohl schon hier bemerkt werden, dafs die Grundlage der ganzen Hypothese nicht blofs in der Luft, sondern man darf wohl sagen ganz eigentlich im leeren Raume schwebt, nämlich die Ursache der Alles zu erklären bestimmten Strahlung. Man soll sich denken, dafs in irgend einer Höhe eine Eismasse vorhanden sey, gegen welche die in der Nähe der Erdoberfläche befindlichen Körper dann ihre Wärme ausstrahlen müfsten. Dieses ist wohl unbezweifelt richtig; allein wo ist im leeren Himmelsraume der kalte Körper, welcher die Wärme nach den Gesetzen der Wärmecapacität und Leitungsfähigkeit aufnimmt? Dort ist im eigentlichen Sinne das Nichts, und dieses Nichts soll wie ein Körper wirken, was doch nach der richtigen Bemerkung von Roosbroek allzukühn geschlossen heifsen mufs. Ueberhaupt ist es in der That auffallend, dafs die neueren Physiker, die sich ganz allgemein so sehr scheuen, die Erscheinungen auf etwas zurückzuführen, wohin keine Erfahrung reicht und wo jede nähere Untersuchung unmöglich wird, in Beziehung auf diese eigenthümliche Wärmestrahlung eine Ausnahme machen und sich auf das Verhalten eines Leeren einlassen, was auch nicht auf das Entfernteste irgend eine controlirende Prüfung durch das Experiment zuläfst. Unnatürlich ist ferner, dafs, wörtlich genommen, nach Wells die Erde Wärme ausstrahlen und von den Wolken durch Strahlung solche wieder erhalten soll, denn man begreift nicht, wenn einmal der leere Himmelsraum die Wärmestrahlen an sich zieht, warum die Wolken nicht gleichfalls als lockere Massen gegen diese strahlen, statt dessen aber es vorziehn, der Erde ihren durch Strahlung erlittenen Verlust zu ersetzen. Inzwischen läfst sich dieser Einwurf leicht durch Aenderung des Ausdrucks beseitigen, wenn man statt dessen setzt, dafs beider Strahlungen sich aufheben oder vielmehr dafs die Wolken die Strahlung der Erde hindern, wobei dann nur der Umstand unerklärt bleibt, weswegen die Wolken nicht gegen den leeren Himmel strahlen. Man fühlt deutlich, dafs in den meisten Fällen, wenn die Erfahrung das Gegentheil gäbe, dieses sich weit leichter der Theorie anfügen würde. Wäre es Thatsache, dafs bei wolkigem Himmel stärkerer Thau fiele, so würde man sehr consequent argumentiren: die Wolken als lockere Massen strahlen ihre Wärme gegen den hei-

teren Himmel, dadurch wird ihre Feuchtigkeit sich senken und auf den Erdboden niederfallen. Ebenso soll nach Wells der Nebel die Strahlung weniger hindern; fände aber das Gegentheil statt, so würde consequent geschlossen werden, der Nebel als dichtere und niedriger schwebende Masse strahle weniger, als die höheren Wolken, und lasse daher die Erde ihre Wärme weniger verlieren. Man wird diesen Argumenten die Resultate der Versuche mit dem *Aethrioskop* entgegensetzen, welche die Existenz der Strahlung evident beweisen sollen. Wir werden hierauf seiner Zeit zurückkommen, wollen aber vorerst bemerken, daſs nach den oben mitgetheilten Versuchen von Sabine das Thermometer im Focus des Brennspiegels nur 0°,44 und 0°,89 R. tiefer stand, als das auf dem Grase. Da es aber ein Registerthermometer war und somit die absolut gröſste Kälte angab, so ist noch fraglich, ob überhaupt ein Unterschied beider statt fand. Vergleicht man aber diese unmerkliche Concentrirung mit der bei den Sonnenstrahlen statt findenden, so muſs es als unmöglich erscheinen, beide als einander nur ähnlich und entgegengesetzt zu betrachten.

Bei der Theorie des Thauens kommt auch ein Phänomen zur Untersuchung, welches der Beachtung sehr werth und keineswegs so leicht erklärlich ist, als meistens angenommen wird, nämlich die Thatsache, daſs bei heiteren und windstillen Nächten die Kälte in Vertiefungen von gröſserer Intensität ist, als auf Anhöhen und Hügeln. Das Gegentheil würde aus der Theorie der Strahlung sehr leicht erklärlich seyn, denn man dürfte nur sagen, die Strahlung sey auf den Hügeln stärker, weil 1) dort ein gröſserer Theil des Himmels übersehn werde; 2) die dünnere Luft die Strahlung weniger hindere; 3) von umgebenden Gegenständen weniger Wärme durch Strahlung herzuströme und 4) die höhere, mit Wasserdampf minder gesättigte Luft nicht stets neuen, beim Niederschlage Wärme abgebenden Thau absetzen könne. Nun findet aber gerade das Gegentheil statt und Wells meint daher, die Sonnenstäubchen in der Luft, die bei Tage durch die Bestrahlung der Sonne vorzugsweise erwärmt würden, gäben auch bei Nacht durch Strahlung gegen den heiteren Himmel am meisten Wärme ab und bedingten hierdurch die stärkere Erkaltung der Erde; auſserdem aber nehme die Wärme der Luft mit der Höhe zu, wie Six aus Versuchen bis 220 Fuſs hoch

durch Erfahrung bewiesen habe, wovon dann auch auf gröfsere Höhen zu schliefsen sey, und endlich seyen Anhöhen und Hügel nie frei von einem schwachen Luftzuge. Alle diese drei Gründe sind jedoch nichtig. Dafs zuerst die Sonnenstäubchen wegen ihrer Kleinheit ebenso wenig als die Luft, worin sie schwimmen, Wärme durch die Sonnenstrahlen erhalten, ergiebt sich einfach, wenn man in einem Zimmer, worin viele derselben schwimmen, die Sonnenstrahlen durch eine grofse Brennlinse concentrirt und den Lichtkegel von der Seite betrachtet, indem dann kein durch Erhitzung erzeugtes Aufsteigen dieser Stäubchen statt findet, was damit zusammenhängt, dafs nach dem von mir sogenannten *Littrow'schen Problem* ein Spinnenfaden im Focus der stärksten Brennlinse nicht zerstört wird. Im täglichen Gange der Temperatur hat man allerdings als Regel wahrgenommen, dafs die oberen Luftschichten nach Sonnenuntergang ihre am Tage erhaltene Wärme länger zurückhalten, als die nahe über der Erdoberfläche schwebenden, allein der Unterschied der Temperaturen beider ist nicht bedeutend und erstreckt sich nicht auf Höhen, die 500 bis 1000 Fufs erreichen, indem dann die der Höhe proportionale Wärmeabnahme schon das Uebergewicht erhält. Einer Luftbewegung stehn auf Hügeln allerdings die Hindernisse nicht entgegen, die sie in den Vertiefungen hemmen, allein die Fälle, in denen zur Zeit des Frühlings, aber auch im Winter, die Bäume und Gesträuche in den Niederungen erfrieren, während sie an Bergabhängen und auf Hügeln verschont bleiben, ereignen sich gerade bei gänzlicher Windstille, und dafs diese dann auch auf Hügeln statt finde, davon habe ich mich in früheren Zeiten oft überzeugt, wenn ich bei nächtlichen Excursionen, um den Aufgang der Sonne abzuwarten, den Rauch eines angezündeten Feuers bis zu bedeutenden Höhen ungestört lothrecht aufsteigen sah. Die grofse Intensität der Kälte in den Niederungen ist aber ein höchst auffallendes und oft wiederkehrendes Phänomen. Noch im verflossenen Winter 1837 auf 1838 sind die Weinreben in den Niederungen erfroren, an den Hügeln bis zu 600 F. Höhe aber verschont geblieben, und ebendieses war im Jahre 1830 der Fall, als namentlich die Nufsbäume im Neckarthale zu Grunde gingen, die auf den Anhöhen aber unverletzt erhalten wurden. Ausgedehntere Untersuchungen dieses merkwürdigen Verhaltens

würden noch auf manche interessante Thatsachen führen. So finde ich[1], was mir gerade zur Hand ist, für den Jannar 1838 das Mittel der tiefsten Temperaturen zu Genf = — 8°,96 C. und für den 2491 Meter hohen St. Bernhard = — 14°,34, was aus dem Höhenunterschiede beider Orte sehr gut erklärlich ist; die beiden absoluten Minima aber sind für Genf am 11ten Jan. = — 25° bei ganz heiterem Himmel und — 25°,3 am 15ten bei bedecktem Himmel, wo also die Strahlung nicht wirksam sein konnte. An diesen beiden Tagen war das Minimum auf dem St. Bernhard — 19°,4 und — 18°,8, beide Male bei heiterem Himmel, wonach also am letzten Tage blofs in der Tiefe Nebel herrschen mufste. Die beiden absoluten Minima auf dem St. Bernhard aber waren am 9ten und 10ten mit — 20°,6 am ersten Tage bei ununterbrochener, am zweiten bei völliger Heiterkeit und am 20sten mit — 21°,8 bei heiterem Himmel. An diesen Tagen waren zu Genf die Minima = — 7°,6; — 8°,5 und — 14°,6, am ersten Tage bei bedecktem, an den beiden letzten bei heiterem Himmel. Die geringsten Temperaturen fallen also an beiden Orten nicht auf dieselben Tage und sind in der Tiefe niedriger als in der Höhe.

Prevost[2] hat diesem Probleme eine ausführliche Untersuchung gewidmet und beruft sich dabei unter andern auf das Zeugnifs von Six[3] und insbesondere von Gilbert Wheite[4], wonach die zarten Pflanzen am Fufse eines Hügels durch den Reif zu Grunde gingen, während die auf demselben gesund blieben. Als Thatsache nimmt er zugleich an, dafs die Wärme der Luft nach Sonnenuntergang mit der Höhe zunehme, und er beruft sich hierbei auf die Messungen von Wells in 4 F. Höhe, von Pictet in 75 und von Six in 110 und 120 Fufs Höhe, woraus allerdings eine mit der Höhe stark zunehmende Wärme hervorgeht. Es darf aber hierbei nicht übersehn werden, dafs ebendieser Umstand die Schwierigkeit der Aufgabe vermehrt, indem eine absolute Temperaturvermin-

1 Bibliothèque universelle. Nouv. Sér. Trois. Ann. N. 25. Janv. 1838.

2 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. de Génève. T. III. P. II. Daraus in Bibl. univ. T. XXXV. p. 284.

3 Philos. Trans. 1788. p. 104.

4 Nat. Hist. of Selborne. T. II. p. 147.

derung mit zunehmender Höhe unzweifelhaft ist, mithin der Boden unter der obersten Kruste an tieferen Orten wärmer seyn mufs, als auf höheren, und dafs also die mit ihren Wurzeln bis dahin reichenden Pflanzen an den ersten Orten mehr Wärme aus dem Boden aufsaugen müfsten, als an den letzteren. Was Prevost zur Entzifferung dieses Räthsels, sofern jedoch blofs vom schädlichen Einflusse des Reifes auf Pflanzen die Rede ist, vorbringt, kommt in der Hauptsache auf folgende Sätze hinaus. Zuerst wird als bewiesen angenommen, dafs jeder Körper gegen jeden andern seine Wärme ausstrahlt und von jedem andern, mag er wärmer oder kälter seyn, durch Strahlung desselben wieder erhalte, indem die Strahlen neben einander gehn, ohne sich aufzuheben. Das Strahlungsvermögen der Körper steht ferner in Verbindung mit ihrer Oberfläche nebst der dieser eigenthümlichen Beschaffenheit und mit der Wärmecapacität sowohl als der Leitungsfähigkeit derselben, ganz nach den durch Wells hierüber aufgefundenen Thatsachen. Dieses vorausgesetzt wird das fragliche Problem aus zwei Ursachen erklärlich. Zuerst erkaltet der Boden bei Nacht durch Strahlung. Zweitens die zunächst über dem Boden befindliche Luftschicht und alle über ihr liegende nehmen Theil an dieser Erkaltung des Bodens, aber in ungleichem Mafse, theils durch Leitung, theils und vorzüglich durch Strahlung, wobei die oberen Lagen weniger von der Wärme verlieren, die sie vorher vom Boden erhalten haben.

Alles, was Prevost zur Unterstützung und Erläuterung dieser Hypothese vorbringt, bezieht sich auf die namentlich durch Wells aufgefundenen Thatsachen. Gewifs ist wohl, dafs das vorliegende specielle Problem, so wie das ganze Phänomen der Thaubildung leicht erklärt werden kann, wenn man einmal die Strahlung gegen den heiteren Himmelsraum als erwiesene Thatsache, annimmt und ihre Stärke nach den Erscheinungen willkürlich modificirt. Dafs Letzteres wirklich geschehe, ist wohl nicht in Abrede zu stellen, wenn man die oben angegebenen Beispiele berücksichtigt, in denen erwiesen wurde, dafs man, wenn das Gegentheil sich in der Erfahrung zeigte, gerade dieses aus der Theorie der Strahlung sehr consequent ableiten könne. Noch ein Fall dieser Art ist folgender. Das Glas läfst bekanntlich nach Pictet's Versuchen die dunklen Wärmestrahlen nicht durch, und andere können doch die nächt-

Digitized by Google

lichen des Bodens nicht seyn. Wenn nun eine umgestürzte Glocke gar nicht bethaut würde, so hätte man damit einen Beweis der wirklichen Strahlung, die durch das Glas aufgehalten würde; da aber die Glocke stark bethaut, so sagt man, das Glas strahlt selbst und wird dadurch kalt; die Strahlung des Bodens unter ihr wird des sichtbaren heiteren Himmels ungeachtet aufgehoben und die Wärme des Bodens verliert sich durch Mittheilung an die Glocke, die ihrerseits durch Strahlung erkaltet.

Halten wir uns blofs an die Thatsachen, ohne vorläufige Annahme irgend einer Theorie, so geht aus den Versuchen unwidersprechlich hervor, dafs nach dem Aufhören der durch die Sonnenstrahlen hervorgerufenen Wärme der Boden auf seiner äufsersten Fläche, die Pflanzentheile und sonstige Körper, hauptsächlich lockere und schlecht wärmeleitende, um so rascher und stärker erkalten, je weniger ihnen Wärme aus der Umgebung zugeführt wird. Hieraus folgt dann, dafs sich der Thau auf ihnen niederschlägt, welcher theils aus dem noch fortdauernd aus dem erwärmten Boden aufsteigenden oder dem in der Luft enthaltenen Wasserdampfe seinen Ursprung erhält. Diese Erkaltung ist die alleinige und eigentliche Ursache der Thaubildung, indem die letztere ausbleibt, wenn die erstere nicht statt findet, entweder weil an trüben Tagen die Wärme des Bodens und der ihn bekleidenden Vegetabilien nicht genug erregt wurde, oder weil ein allgemeiner Niederschlag in der Atmosphäre bis zu gröfseren Höhen eintritt, welcher durch die hieraus entbundene Wärme die Abkühlung hindert, wobei endlich die Menge des Thaues der Quantität der in der Luft nach den hierüber bestehenden bekannten Gesetzen vorhandenen Feuchtigkeit proportional ist. Man kann noch hinzusetzen, dafs im Allgemeinen die Erkaltung so viel gröfser ist, je gröfser vorher die Erhitzung war, worauf die grofse Kälte der Nächte und die profuse Menge des Thaues in den Ländern der heifsen Zone beruht, die man gleichfalls auf Strahlung zurückzuführen pflegt, obschon nicht begreiflich ist, warum sie unter mittleren und höheren Polhöhen nicht gleich stark seyn sollte. Hiermit ist die Bildung des Thaues als specielles Factum erklärt; will man aber zugleich das Schwinden der einmal erregten Wärme erforschen, so hängt dieses mit dem allgemeinen Verhalten der Wärme zusammen und steht

Digitized by Google

keineswegs isolirt da, denn wir haben ähnliche Erscheinungen wobei Wärme in grofser Intensität zum Vorschein kommt und noch stärker als in diesem Falle wieder verschwindet. Wird z. B. Knallgas entzündet, so kommt eine unglaublich intensive Wärme zum Vorschein, welche entweder die beiden Gasarten oder, was wahrscheinlicher ist, das daraus gebildete Wasser zur Glühhitze bringt und unglaublich expandirt, ebenso schnell aber wieder schwindet, der äufseren Luft das Eindringen in den entstandenen leeren Raum gestattet, worauf die Detonation beruht, und Wasser von geringerer Wärme, als beide Gase hatten, seiner gröfseren Capacität wegen, zurückläfst. Sobald aufgefunden seyn wird, wo bei letzterem Phänomene die offenbar vorhandene Wärme bleibt, dürfte es nicht schwierig seyn, auch die weit geringere Abkühlung, die das Bethauen zur Folge hat, diesem gemäfs auf ein allgemeines Gesetz zurückzuführen, statt dafs es gewifs zu voreilig ist, für das letztere Phänomen eine Strahlung gegen das Leere des Himmelsraumes anzunehmen, ohne zugleich zu bestimmen, ob die Ursache derselben in den terrestrischen strahlenden Körpern oder dem leeren Raume oder in der Wärme selbst zu suchen sey und in welcher Verbindung sie mit dem anderweitigen Verhalten der Wärme stehe.

Dafs ein Causalzusammenhang zwischen der Thaubildung und der Elektricität statt finde, ist zwar früher behauptet worden, allein nur von Solchen, die bei jedem unerklärlichen Phänomene zu jener Potenz ihre Zuflucht nahmen. Uebrigens mufs der wässerige Niederschlag des Thaues nach den hierüber bekannten Gesetzen einen Einflufs auf die atmosphärische Elektricität haben, wie auch den Beobachtern nicht entgangen ist. Die bereits angegebene Bemerkung, dafs elektropositive und oxydirbarere Metalle am leichtesten und verhältnifsmäfsig stärksten bethauen, ist neuerdings durch Bonsdorff[1] mit einer eigenthümlichen Modification wieder hervorgehoben worden. Durch Versuche unter Glasglocken, die umgestürzt und mit sehr feuchter Luft angefüllt waren, fand er, dafs diese Metalle, neben andern negativen und schwerer oxydirbaren liegend oder galvanisch mit ihnen verbunden, bereits merklichen feinen Niederschlag aufgenommen hatten, während die letzteren noch

1 Kastner Archiv. Th. VIII. S. 350.

Digitized by Google

ganz trocken waren, und er sucht dieses auf eine elektrische Anziehung zurückzuführen. Wenn aber der Wasserdampf selbst, wie man annimmt, elektropositiv ist, so müſste hiernach das Gegentheil statt finden, und auſserdem muſs wohl bei der Thaubildung zunächst das Verhalten der Wärme bei denjenigen Körpern, welche die Feuchtigkeit überhaupt oder am begierigsten aufnehmen, vorzugsweise berücksichtigt werden. Die elektropositiven und leicht oxydirbaren Metalle sind nicht eben die besten Wärmeleiter und die Anhänger der gangbaren Theorie legen ihnen daher ein gröſseres Strahlungsvermögen bei, weil im Allgemeinen die schlechtesten Wärmeleiter am stärksten bethaut werden. Dieses leidet jedoch, ohne eine abermalige neue Hypothese, auf die Versuche von Bonsdorff keine Anwendung, indem er sie am Tage und im Zimmer, wenn auch nicht in den directen Sonnenstrahlen, anstellte. Betrachtet man das stärkere Wärmeleitungsvermögen der Metalle als Folge ihrer stärkeren Affinität zur Wärme, so folgt natürlich, daſs sie diese gleichfalls nur schwer abgeben, daher sich auch zum Bethauen weniger eignen. Bloſs hypothetisch wäre, wenn man sagen wollte, die leichter oxydirbaren Metalle hätten eine stärkere Affinität zu den Säuren, mithin auch zum Wasser, dessen einer Bestandtheil gleichfalls der Sauerstoff ist. Es würde noch feine Versuche erfordern, wollte man über dieses Problem mit Bestimmtheit entscheiden.

Selten wird die Menge des im Thau herabfallenden Wassers gemessen, was mit dem *Drosometer*, einem noch sehr unvollkommenen Apparate, geschehn müſste. Es sind hierüber daher nur wenige Bestimmungen bekannt und die von Dalton[1], welcher die Menge desselben in England und Wales auf jährlich 5 Zoll hoch Wasser schätzt, soll nach ihm selbst nur als eine annähernd genaue gelten. Ebendieses ist der Fall mit der oben erwähnten Messung von Dauxion-Lavayssé auf Trinidad.

Der *Mehlthau* oder *Honigthau* gehört mehr in das Gebiet der Naturgeschichte, als der Physik, muſs aber hier erwähnt werden, weil man ehemals glaubte, er bestehe aus einem mit dem Thau herabfallenden süſsen, klebrigen Safte, welcher Pflanzen und Gesträuche überziehe und dann die un-

1 G. XV. 455.

glaubliche Menge von Blattläusen heranlocke, womit die Pflanzentheile oft ganz bedeckt sind. Richtig ist, dafs zuweilen nach einem feinen Regen beim Sonnenschein das bekannte Verderben der Pflanzen, wonach sie mit einer mehlartigen, klebrigen Substanz überzogen werden, höchst schnell eintritt, wodurch dann die herrschende Meinung der Landleute und der Ausdruck: der Mehlthau oder Honigthau falle vom Himmel, veranlafst wird. Es ist jedoch weit natürlicher anzunehmen und auch durch Erfahrung bewiesen, dafs der Grund in einer Krankheit der Pflanzen selbst liegt, in deren Folge sie, vielleicht unter Mitwirkung von Insecten, die fragliche Substanz ausschwitzen, und es scheint mir, so weit ich darüber urtheilen kann, wahrscheinlich, dafs gewisse Witterungsdispositionen solche Erkrankungen schnell herbeiführen, weil die Landleute gerade bei solchen feinen Regenschauern, verbunden mit Sonnenschein und schwüler Temperatur, das Herabfallen des Mehlthaues fürchten und vorhersagen. Lechs[1] fand, dafs die Insecten, die man als Ursache oder Folge, auf jeden Fall als verbunden mit dem Honigthau betrachtet, einen süfsen Saft von sich geben, welcher auf den Pflanzentheilen haftet und namentlich von den Ameisen begierig verzehrt wird. Mehrere Beobachter, namentlich Lampadius[2], haben gefunden, dafs ein süfser Saft, selbst tropfenweise, von Bäumen herabfällt; auch beobachtet man nicht selten, dafs einzelne Blätter, namentlich zarter Gewächse, allmälig zunehmend in denjenigen krankhaften Zustand übergehn, den man wegen des sich bildenden mehlartigen Ueberzuges und der darin entstehenden Insecten mit dem Namen Mehlthau zu bezeichnen pflegt. Die Witterung hat demnach auf diesen nur insofern Einflufs, als sie entweder allein, und zwar bei der angegebenen Beschaffenheit einer schwülen, mit abwechselndem feinem Regen und Sonnenschein verbundenen Hitze, oder unter Mitwirkung von Insecten den krankhaften Zustand der Gewächse herbeiführt[3].

M.

---

1 Geschichte des Honigthaues. In schwed. Abh. 1762. S. 89.

2 Atmosphaerologie. S. 122. Vergl. Voigt's Magazin Th. I. Hft. II S. 139.

3 Ehrhardt Beiträge zur Naturkunde. Hann. 1792.

Digitized by Google

Theilbarkeit.

Divisibilitas; Divisibilité; *Divisibility.*

Der Begriff der Theilbarkeit ist an sich klar, auch weifs jeder, dafs die bekannten Körper aller Art sich in Theile und zugleich meistens in so kleine Theilchen zerlegen lassen, dafs sie sich der Messung entziehn. Man blieb aber vom Beginn einer näheren Untersuchung der Natur und ihrer Gesetze an bei diesem einfachen Erfahrungssatze nicht stehn, weil man aus der Kenntnifs der kleinsten Theilchen der Körper das Wesen der Materie überhaupt zu erforschen hoffte, sondern bemühte sich, auf der einen Seite die Elementartheilchen der verschiedenen Körper nach ihrer Gröfse und Beschaffenheit kennen zu lernen, von der andern aber verlor man sich in unfruchtbare Untersuchungen über die Zwischenräume zwischen diesen Elementartheilchen[1] und den leeren Raum überhaupt, zuletzt aber wollte man gar die unendliche Theilbarkeit der Materie metaphysisch beweisen. Was in dieser letzten Beziehung die Wifsbegierde erregen könnte, ist bereits am geeigneten Orte[2] untersucht worden, weil es mit dem eigentlichen Wesen der Materie und unserer Vorstellung von derselben zusammenfällt; es bleiben daher hier für uns nur diejenigen Bemühungen zu würdigen, wodurch man die Grenze, bis wohin man die Theilbarkeit der Materie fortzuführen vermochte, aufzufinden suchte, obgleich sie zu keinem andern Resultate führten, als dafs die kleinsten Theilchen zuletzt unserer Vorstellung entschwinden und auf keinen Fall Gegenstand unserer Messung bleiben.

Es ist sehr interessant, zu bemerken, wie weit die Feinheit der auf verschiedene Weise getheilten Körper geht, und daher haben wir viele bereits von den älteren Physikern hierüber angestellte Untersuchungen. Schon die mechanische Theilung verwandelt die Körper in den feinsten Staub, dessen einzelne Theile nicht mehr unterscheidbar sind, im stark ver-

1 Vergl. *Porosität.* Bd. VII. S. 888.
2 S. Art. *Materie.* Bd. VI. S. 1436.

gröfsernden Mikroskope aber noch von beträchtlicher Ausdehnung erscheinen. Das Stärkemehl ist eine höchst feine, pulverartige Substanz; man erstaunt aber, wenn man vermittelst starker Vergröfserungen wahrnimmt, dafs dasselbe aus lauter runden Kügelchen besteht, die durch etwas mit Schwefelsäure gesäuertes Wasser das sie einschliefsende Häutchen sprengen und einen aus Gummi bestehenden Kern zurücklassen. Von unbestimmbarer Feinheit sind ferner die durch Brown untersuchten, in tropfbaren Flüssigkeiten eine eigenthümliche Bewegung zeigenden *Moleciüle*, wovon bereits oben[1] geredet wurde, und ebenso läfst sich aus der Dehnbarkeit der Metalle, der Seide, des Glases, der Spinnenfäden u. s. w. die aufserordentliche Feinheit der Elementartheilchen, woraus sie bestehn[2], nachweisen.

Die mechanische Theilung der Körper führt indefs nur zu Theilen, welche stets noch wahrnehmbar und meistens sogar mefsbar bleiben, allein dieses hört auf bei manchen lebenden Thierarten (*Infusorien*), die kaum vermittelst starker Mikroskope gesehn werden, deren Bewegung wir jedoch sicher erkennen und denen wir daher Organe beizulegen uns gezwungen fühlen, die an sich nicht mehr wahrnehmbar von unmefsbarer Feinheit seyn müssen. Dieser eigenthümliche Zweig der Untersuchungen erregte vorzugsweise die Aufmerksamkeit älterer Naturforscher. Schon Leeuwenhoek erzeugte im Wasser über Pfeffer mikroskopische Thierchen, deren Durchmesser nicht mehr als den tausendsten Theil eines Sandkorns betrug und deren Masse daher nicht über den tausendmillionsten Theil eines solchen hinausgehn konnte; dennoch zeigten sie Bewegung und mufsten also Organe hierfür und für ihre Ernährung haben, deren Kleinheit über jede Vorstellung hinausgeht[3]. Die neuesten Beobachtungen mit mächtig vergröfsernden Mikroskopen geben noch auffallendere Resultate, können aber, aufser der erregten staunenden Bewunderung, die eigentliche Aufgabe über die wirkliche Gröfse und Gestalt der kleinsten Theilchen der Körper ebenso wenig lösen, als verschiedene andere Bestrebungen ähnlicher Art. Noch

1 S. Art. *Materie*. Bd. VI. S. 1447.
2 S. Art. *Dehnbarkeit*. Bd. II. S. 595 ff.
3 Musschenbroek Introd. T. I. §. 72.

ungleich kleiner zeigen sich die Theile, worin sich die verschiedensten Körper zerlegen lassen, wenn man Auflösungen aus ihnen bereitet, indem sie dann in den Zustand der Flüssigkeit übergehn, wodurch schon an sich ihre kleinsten Theile aufhören, selbst bei den stärksten Vergröſserungen einzeln wahrnehmbar zu seyn. Löst man etwas Kochsalz in reinem Wasser oder bereitet man eine salpetersaure Silbersolution, so zeigen sich unter dem Mikroskope allerdings zuweilen einige nicht gelöste oder später erst wieder entstandene sehr kleine Krystalle; sind aber die Präparate dieser Art gut bereitet, so ist in ihnen keine Spur irgend eines, auch des kleinsten, begrenzten Theilchens zu entdecken. Wenn man aber berücksichtigt, daſs in gefärbten Auflösungen dieser Art farbige Pigmente vorhanden seyn müssen, die durch ihren Einfluſs auf das Licht die jedesmalige Farbe geben, und daſs diese zur Erzeugung einer homogenen Färbung nothwendig überall in der Flüssigkeit verbreitet seyn müssen, so läſst sich durch Rechnung die Gröſse finden, welche diese Theilchen nicht übersteigen können, über welche jedoch nach Wahrscheinlichkeit ihre wirkliche Feinheit sehr weit hinausgeht. Als ein Beispiel dieser Art nahm man meistens 1 Gran Kupfer in Salmiakgeist aufgelöst und färbte damit 392 Kubikzoll Wasser mit intensiv blauer Farbe. Angenommen, daſs in jedem Theilchen dieser Flüssigkeit von der Gröſse eines Sandkorns, deren eine Million auf einen Kubikzoll gehn würden, ein Theil des färbenden Pigments enthalten war, so muſste das Kupfer in mindestens 392 Millionen Theilchen getheilt seyn. Aehnliche Resultate geben ein Gran Carmin in Wasser oder eine schwache Lösung von Eisenvitriol, in welche man einen Tropfen Gallussäure tröpfelt. Parrot[1] führt an, daſs ein einziger Tropfen Indigo-Auflösung 500 Kub.-Zoll Wasser = A färbt, worin fünfmalhunderttausend sichtbare Theile = B unterscheidbar sind. Indem aber die Masse des Wassers gewiſs fünfhunderttausendmal = C gröſser ist als der Tropfen war, so können die einzelnen Partikeln des Pigments nicht gröſser, als $\frac{A}{BC}$ = ein Fünfhundertbillionstel eines Zolles seyn. Ein an-

1 Grundriſs der theor. Physik. Riga u. Leipz. 1809. 3 Th. 8. Th. I. S. 17.

derer leichter Versuch führt zu einem ähnlichen Resultate. Wenn man in eine grofse Flasche mit Wasser, worin einige Körnchen Kochsalz aufgelöst sind, nur einen einzigen Tropfen einer gesättigten Auflösung von Silber in Salpetersäure fallen läfst, so wird bald die ganze Masse des vollkommen hellen Wassers opalisirend weifslich und nach einer etwas längeren Einwirkung des Sonnen- oder nur Tageslichtes blauschwärzlich gefärbt erscheinen. Die Masse des in dem Tropfen enthaltenen Silbers, welches die Färbung erzeugt, ist gewifs nicht gröfser, als etwa 0,01 Kubiklinie, und es ergiebt sich dann aus einer gleichen Berechnung, dafs die Gröfse eines einzelnen Farbenpunctes die Gröfse eines Billionstels einer Kubiklinie nicht wohl übersteigen kann. Um aber mit dieser Bestimmung einen deutlichern Begriff zu verbinden, als der blofse Ausdruck geben kann, will ich nur bemerken, dafs jemand, um eine einzige Billion Secunden an einer Uhr zu zählen, Tag und Nacht darauf verwendend, doch 31675 Jahre alt werden müfste. Gehn wir diesen Betrachtungen nach, so werden wir einsehn, mit wie vollem Rechte der geistreiche Biot sagt: Nichts ist absolut grofs oder klein, Alles ist nur relativ und die Natur bietet dem Menschen auf der einen Seite das Grofse, auf der andern das Kleine; beider Grenzen zu erreichen ist ihm jedoch unmöglich.

Die Feinheit der durch mechanische Trennung oder durch Auflösung zu erhaltenden Partikeln wird noch um ein Vielfaches durch eine dampfartige Verflüchtigung übertroffen, und zwar so sehr, dafs dann die Feinheit der Theilchen alle Vorstellung übersteigt. Am besten läfst sich dieses an solchen Substanzen wahrnehmen, deren Dunst auf die Geruchsorgane wirkt, wie hauptsächlich R. Boyle[1] gezeigt hat. Eine kleine Quantität Moschus, etwa von der Gröfse eines Hirsenkorns, wird ein grofses Zimmer auf längere Zeit mit seinem Geruche erfüllen, selbst wenn die darin enthaltene Luft mehrmals am Tage wechselt, und wenn man annimmt, dafs an jedem einzelnen Orte, wo die Geruchsnerven afficirt werden, Partikeln des Moschus schweben, so führt dieses auf eine Feinheit dieser Theilchen, die sich jeder Berechnung entzieht, dagegen

1 Exercitat. de mira subt. effluv. In Opp. Genev. 1680. 4.

Digitized by Google

aber die Ueberzeugung begründet, dafs die Theilbarkeit der Körper weit über unsere Vorstellung hinausgeht[1].

Dennoch aber bleibt dieses weit hinter dem zurück, was einige Homöopathen, unkundig des Sinnes und der Bedeutung ihrer Aussagen und um durch Wunderbarkeit das minder prüfende Publicum zu gewinnen, von der Theilung der Arzneimittel in Quintillionsteln aufgestellt haben. Brandes[2] berechnet hiernach, dafs die 6000jährige Dauer der Menschengeschichte nur 2191500 Tage oder 52596000 Stunden beträgt, wofür er in runder Summe 53 Millionen annimmt. Die Weltgeschichte umfafst also nur etwa 190000 Millionen Secunden. Wäre die Erde während dieser ganzen Zeit von 1000 Millionen Menschen in jedem Zeitpuncte bewohnt gewesen, und hätte jeder alle Secunden eine Dosis jener Medicin genommen, so wären 190 Trillionen solcher Dosen oder in runder Zahl 200 Trillionen verbraucht worden. Hätte also ein Arzt seit Adams Zeiten allen lebenden Menschen in jeder Secunde ein Quintillionstel Gran eines solchen Arzneimittels gegeben, so wäre bis jetzt noch nicht ein Tausend-Millionstel eines Granes verbraucht worden.

Der menschliche Kunstfleifs hat stets das Bestreben gezeigt, auf eine ähnliche Weise durch Erzeugnisse im Grofsen wie im Kleinen mit den Productionen der Natur zu wetteifern wobei sich dann aber recht auffallend zeigt, wie weit jene hinter diesen zurückbleiben. Einige Beispiele hiervon anzuführen ist nicht ohne Interesse. In Plauen wurde ein Stück Musselin von 30 EllenLänge verfertigt, welches nur 26Lth. wog, und Ritberger (oder Ripperger) Arbeiter spannen als Probestück aus einem Pfunde Flachs einen Faden von 23 deuschen Meilen Länge. Noch weiter brachte man die Feinheit der Gespinnste in Manchester, wo

---

1 Beispiele und Berechnungen, wie weit die feine Vertheilung riechbarer Stoffe geht, finden sich in Haller Elem. Phys. T. I. p. 155. Albinus schrieb eine eigene Dissertation über die feine Vertheilung des Phosphors in Oelen: Diss. de Phosphoro solido et liquido. Franc. ad Viad. 1688. 4. Ueber die grofse Theilbarkeit d. Körper handeln Ch. Wolf Vernünft. Gedanken von den Wirkungen in der Natur. Halle 1723. 8. S. 8. Nollet Leçons de phys. expér. Leç. I. Nieuwetyt rechter Gebrauch der Weltbetrachtung. Ueb. von Segner. Jena 1747. 4. Cap. 26. und viele andere.

2 Vorlesungen über die Naturlehre. Leipz. 1830. 3 Th. 8. Th. I. S. 16. Anm.

aus einem Pfunde Baumwolle ein Faden von 170 englischen oder 34 deutschen Meilen Länge gesponnen wurde; in Irland aber spann ein funfzehnjähriges Mädchen Garn, wovon 700 Strähne ein Pfund wogen und eine Länge von 1432 englischen oder 310 deutschen Meilen hatten, so dafs nur 17 Pfd. 13 Lth. erforderlich gewesen wären, um einen Faden von der Länge des Aequators zu erhalten. Man hat es der Mühe werth gefunden, die Mifs Ives wegen ihrer bewundernswürdigen Kunst öffentlich zu nennen[1], welche aus einem Pfund Wolle einen Faden von 168000 Yards, nachher aus ebenso viel Baumwolle einen Faden von 203000 Yards Länge spann, wonach 25½ Pfd. für einen Faden von der Länge des Aequators genügend gewesen wären. Nach Lichtenberg[2] sind folgende einzelne Farbenpuncte im Raume eines englischen Quadratzolles enthalten:

Bei altrömischen Fufsböden	11
Bei neurömischer Mosaik	868
Bei gewirkten Tapeten	273
Bei feinster Stickerei	484
Auf dem Flügel eines ausgewachsenen Schmetterlings	100736
— — — — aus der Puppe geschnittenen —	931808

Man erwähnt[3], dafs W. Neven Gewebe verfertigt habe, bei denen 256 Fäden im Raume eines englischen Zolles nebeneinander lagen, also 65536 Maschen im Raume eines Quadratzolles enthalten waren. Ob das, was Poppe[4] erzählt, wirklich begründet sey, wage ich nicht zu verbürgen. Hiernach soll in Dresden sich ein Kirschkern mit 180 eingeschnittenen menschlichen Gesichtern befinden, und in China eine Maria mit dem Christuskinde auf einem Piedestal, Alles halb so grofs, als ein Reiskorn; ein Deutscher, Namens Verbisger, soll aber eine Dose aus einem Pfefferkorn verfertigt haben, worin 1200 Becher mit Fufs und vergoldetem Rande liegen. In Java verfertigte Musseline, das Stück 25 Ellen lang, sollen sich in eine gewöhnliche Schnupftabaksdose legen lassen.

---

1 Frankf. Zeit. 1822. N. 116.
2 Vermischte Schriften. Th. IV. S. 432.
3 Transact. of the Soc. of Arts. Lond. 1806.
4 Naturlehre S. 12.

Digitized by Google

Die Arbeiten und Untersuchungen des Physikers erfordern häufig, daſs er eine gegebene Gröſse in eine gewisse Menge genau gleicher Theile theilt, wobei er sich zur Erreichung gröſserer Schärfe gewisser Maschinen bedient, die man Theilmaschinen nennt. Ist gleich dieser Gegenstand nicht so wichtig und so unmittelbar mit dem Studium des Physikers verbunden, daſs es danach erforderlich wäre, deswegen einen eigenen Artikel *Theilung* und *Theilmaschine* in unserm Werke aufzunehmen, so werden doch folgende allgemeine Bemerkungen nicht als überflüssig erscheinen.

Theilungen gegebener Gröſsen, z. B. der Maſsstäbe und Scalen, finden sehr häufig statt, und zwar meistens in gleiche Theile, obgleich zuweilen ungleiche, regelmäſsig wachsende oder abnehmende erforderlich seyn könnten, z. B. wenn man die ungleiche Ausdehnung des Weingeistes durch Wärme und auch die des Quecksilbers bei höheren Temperaturen in den Thermometerscalen aufnehmen und dadurch die gewöhnlich erforderliche Correction umgehn wollte. Da aber diese Aufgabe schwierig seyn würde, weil kein für alle Fälle ungleicher Zunahme oder Abnahme allgemein gültiges Gesetz aufgefunden worden ist, so sind die bekannten Theilmaschinen nur für Theilungen in gleiche Theile eingerichtet. Eine Hauptheilung ist die des Kreises in 360 Grade mit 60 Minuten und 60 Secunden, zu der man jetzt allgemein wieder zurückgekehrt ist, da die in Frankreich vorgeschlagene in 400 Grade, 100 Minuten und 100 Secunden keine Aufnahme gefunden hat. Die hierfür bestimmten *Kreistheilmaschinen* machen einen der vorzüglichsten und kostbarsten Apparate der mechanischen Künstler aus. Die erste, sehr berühmt gewordene Maschine dieser Art ist die von Ramsden[1] verfertigte, womit er die Sextanten für die englische Marine ebenso genau als schnell theilte. Seitdem ist die von Reichenbach in München am bekanntesten geworden, die sich jetzt im polytechnischen Institute zu Wien befindet, doch giebt es auch noch andere, gleichfalls vorzügliche, als die der Reichenbach'schen nachgebildete von Oertel in München, die in v. Pistor's mechanischem Institute zu Berlin und sonstige mehrere. In der Hauptsache bestehn sie aus groſsen, sehr massiven und

1 S. Art. *Sextant.* Bd. VIII. S. 785.

höchst genau gearbeiteten Kreisen mit einer auf ihrem Rande aufgetragenen, möglichst absolut richtigen Kreistheilung, welche in horizontaler Lage ruhn und so eingerichtet sind, daſs die zu theilenden Kreise oder Sectoren auf sie gelegt werden können, um die einmal vorhandene normale Theilung auf diese überzutragen. Die Richtigkeit der normalen Theilung vorausgesetzt beruhn dann die Vorzüge der Theilmaschinen vor Allem zuerst auf ihrer Gröſse, weil die Schwierigkeit, sie genau zu verfertigen, wegen der zunehmend gröſseren Masse unglaublich wächst; dann auf der Genauigkeit und Feinheit des Reiſserwerks oder derjenigen Vorrichtung, vermittelst deren die Theilstriche auf dem Rande der zu theilenden Kreise eingeschnitten oder eingerissen werden, und endlich auf der Zweckmäſsigkeit des Mechanismus, durch welchen die ganze Maschine um eine verticale Axe in horizontaler Ebene herumgedreht oder gewöhnlicher das Reiſserwerk von einem Theilstriche des Normalkreises bis zum folgenden fortbewegt wird, um die Theilung schnell und mit möglichster Genauigkeit auf dem zu theilenden Kreise einzuschneiden. Nachdenken und Fleiſs der neueren Künstler haben in dieser Beziehung unglaublich viel geleistet, wie sich bei den ausgezeichneten Instrumenten zeigt, die gegenwärtig aus den vorzüglichsten Werkstätten derselben hervorgehn.

Von weit häufigerem Gebrauche sind die *geradlinigen Theilmaschinen*, von denen man für die Theilung der Scalen aller Art, die in so auſserordentlicher Menge vorkommen, einen sehr ausgedehnten Gebrauch macht. Die meisten derselben, insbesondere diejenigen, womit die *Mikrometer* und die *Gitter* für die optischen Beugungsversuche geschnitten werden, unter denen vorzüglich die von Fraunhofer verfertigte, noch jetzt im optischen Institute zu München befindliche, am berühmtesten geworden ist[1], sind mit einer Mikrometerschraube, einer höchst genauen und dabei doch feinen Schraube, versehn, vermittelst welcher der Schlitten mit dem Reiſserwerke sanft und in den feinsten Intervallen vorwärts oder rückwärts be-

1 Dieser gleich merkwürdige Gelehrte und Künstler schnitt vermittelst dieser Maschine mit einer Diamantspitze 10000 Linien völlig parallel und von ganz gleichen Abständen in einem Raume von einem Par. Zoll in Glas und 32000 mit nicht so vollkommener Genauigkeit.

Digitized by Google

wegt wird, um die hierdurch erzielten gröfseren oder kleineren Theile auf die Scalen aufzutragen, die in der Regel festliegen, indem der Schlitten mit dem Halter des schneidenden Messers über sie hingeschoben wird, obgleich es von der andern Seite auch gleichgültig seyn würde, wenn man die Scale unter dem feststehenden Schneidewerke hin oder her bewegte. Wegen der oft nöthigen Theilung der Mafsstäbe könnte man die Schraube so einrichten, dafs eine bestimmte Menge von Umdrehungen derselben gerade eine bestimmte Mafs-Abtheilung gäbe, z. B. wenn jeder Schraubengang gerade ein Millimeter oder bei ungewöhnlicher Feinheit 0,1 Lin. Höhe hätte; da es aber hierauf weit weniger, als auf die absolute Genauigkeit der Schraube ankommt, so läfst man jene unberücksichtigt, um diese desto sicherer zu erhalten. Dafs solche Schrauben zur Vermeidung des sogenannten todten Ganges eine geschlitzte Mutter haben müssen, versteht sich von selbst. Um kleinere Theile, als die eines ganzen Schraubenumganges, zu erhalten, wird vorn an der Maschine eine Scheibe lothrecht auf die Axe der Schraube und so angebracht, dafs die geometrische Axe der letzteren mit dem Centrum der ersteren zusammenfällt. Die Scheibe ist in willkürliche, meistens 100 gleiche Theile getheilt und ein auf der Schraubenspindel festgesteckter Zeiger durchläuft beim Umdrehen derselben diese Theile. Soll mit einer solchen Maschine irgend eine Scale getheilt werden, so versucht man zuerst, wie viel ganze Umdrehungen und Theile einer ganzen Umdrehung der Schraubenspindel auf die ganze Länge der Scale gehn, und dividirt dann die Zahl der einzelnen Theile in diese Gröfse, um den Werth einer Abtheilung zu erhalten. Hierbei findet man nicht selten Theile, die sich einzeln nicht mehr messen lassen, summirt aber einen merklichen Fehler geben würden, wobei dann nichts anderes übrig bleibt, als die allmälig durch Summirung wachsenden Unterschiede hinzuzunehmen, was jedoch leicht durch Rechnung bewerkstelligt wird, indem man sich jedesmal ein Schema für die gesuchte Theilung entwirft. Um dieses durch ein Beispiel anschaulich zu machen, wollen wir annehmen, eine gegebene Maschine erfordere 46,66 ganze Umdrehungen für einen Par. Zoll und der Zeiger auf der Scheibe gebe Hundertstel einer Umdrehung, die man nach Schätzung mit annähernder Genauigkeit in Zehntel zu theilen beabsichtige.

Digitized by Google

Es werde ferner angenommen, man wolle auf der Scale Zehntel Duodecimallinien theilen und zugleich von 5 zu 5 Zehnteln einen Abschnitt (eine halbe Linie) besonders bezeichnen, so würde man sich folgende Tabelle berechnen müssen, wobei der Bequemlichkeit wegen die ganzen Umdrehungen, die sich stets von selbst verstehn, weggelassen werden. Gehn 46,66 Umdrehungen der Schraube auf einen Zoll und soll dieser in 1440 Theile getheilt werden, so gehören $\frac{46,66}{1440} = 0,03240777 \ldots\ldots$ Umdrehungen auf einen solchen Theil und man findet also folgende Gröſsen[1].

Theile der Scale	Umdrehungen berechnete	Umdrehungen gebrauchte	Theile der Scale	Umdrehungen berechnete	Umdrehungen gebrauchte
1	0,032402778	0,032	11	0,356430556	0,356
2	0,064805555	0,065	12	0,388833334	0,388
3	0,097208333	0,097	13	0,421236112	0,421
4	0,129611111	0,129	14	0,453638890	0,454
5	0,162013889	0,162	15	0,486041667	0,486
..	......	...	..	......	...
6	0,194416667	0,194	16	0,518444445	0,518
7	0,226819445	0,227	17	0,550847223	0,551
8	0,251222223	0,251	18	0,583250001	0,583
9	0,291625001	0,292	19	0,615652780	0,616
10	0,324027778	0,324	20	0,648055556	0,648
..	......	...			

Man übersieht bald, daſs der Zeiger an der Schraube, welcher auf die gehörigen Abtheilungen der in 100 Theile getheilten Scheibe gestellt wird, bei 20 Theilstrichen noch nicht einmal ganz herumgekommen seyn würde, denn dieses geschieht erst bei dem 31sten Theilstriche, von wo an aber auch dann nur die Theile der Scheibe berücksichtigt werden, die hinter dem Komma stehn, weil man stets weiter drehn muſs.

1 Der Bequemlichkeit wegen betrachtet man die auf der Scheibe befindlichen Hundertstel als Einheiten und erst deren Theile als Decimaltheile, wobei für gröſsere Theile die ganzen Umdrehungen für sich gezählt und dann die Theile der Scheibe abgelesen werden. Hiernach läse man also im gebrauchten Beispiele: 3,2; 6,5; 9,7; 12,9; 16,2 u. s. w.

Ferner ergiebt sich, daſs bei der Berechnung einer solchen Tabelle die dem 10ten, 20sten, 30sten ..... Theile zugehörigen Gröſsen mit den für den 1ten, 2ten, 3ten..... übereinkommen müssen, wodurch die Richtigkeit der Rechnung controlirt wird, und es ist daher unnöthig, so viele Zahlen in Rechnung zu nehmen, weil der durch Weglassung derselben entstandene Fehler bei den Zehnern u. s. w. zum Vorschein kommt und dann corrigirt werden kann. Ist die Scheibe, wie gewöhnlich, in 100 Theile getheilt, so lassen sich annähernd die Zehntel der einzelnen Abtheilungen schätzen, und man erhält daher gröſsere Genauigkeit, wenn man die Umdrehungen bis zu Tausendsteln berechnet[1].

Sehr häufig bedarf der Physiker getheilte Kreise, meistens nur auf starkem Papier, Kartenpapier oder dünner Pappe, bei denen keine solche Genauigkeit nöthig oder nur möglich ist, als man von den feineren Meſswerkzeugen erwartet. Dabei ist aber zuweilen auch für den Künstler wünschenswerth, solche schnell und mit geringem Aufwande von Zeit, also auch wohlfeil zu verfertigen, z. B. die vielen, die man für elektromagnetische und thermomagnetische Multiplicatoren gebraucht, um die Abweichungen der Magnetnadeln zu sehn und nöthigen Falls zu messen. Bekanntlich kann man solche vermittelst des Transporteurs verfertigen, ungleich bequemer aber ist folgende Maschine. Man nimmt eine runde, 5 bis 6 Zoll Fig. 43.
im Durchmesser haltende, höchstens eine Linie dicke Scheibe, läſst auf den Rand derselben die Kreistheilung mit der erforderlichen Genauigkeit auftragen und versieht sie in der Mitte mit einer feinen stählernen, kaum eine Linie dicken und dabei doch hinlänglich starken Axe. Auf diese wird zugleich das Lineal ab gesteckt, welches so gearbeitet ist, daſs die eine Seite desselben verlängert genau durch das Centrum der messingnen, getheilten Scheibe geht. Soll damit eine Scheibe getheilt werden, so zieht man auf dieser diejenigen Kreise, zwischen welche die Theilstriche fallen sollen, durchbohrt sie in der Mitte, steckt sie auf den Stift der Messingscheibe und legt sie flach auf diese, indem man sie nöthigen Falls mit

1 Eine sehr zweckmäſsig und genau gearbeitete Maschine dieser Art, von Baumann in Stuttgart, habe ich im chemischen Cabinette zu Bonn gesehn.

Digitized by Google

etwas wenig arabischem Gummi an einigen Puncten fest klebt, schiebt das Lineal mit seiner etwas längeren Hülse gleichfalls auf den Stift und trägt die normale Theilung der Messingscheibe auf sie, was sich mit ausnehmender Geschwindigkeit bewerkstelligen läfst. Sollte man gröfsere Scheiben zu theilen haben, als die Messingscheibe selbst ist, so kann man zuvor eine kleine Scheibe mit der Maschine theilen, diese über die gröfsere zu theilende legen und von ihr die Theilung vermittelst des nämlichen Lineals auf die gröfsere übertragen.

Noch ungleich häufiger, als die Kreistheilung, ist für den Physiker die geradlinige Theilung dringendes Bedürfnifs, indem die Verfertigung von Scalen aller Art in zahllosen Fällen erfordert wird. Auch für diesen Zweck kann man sich einer einfachen, bequemen und zugleich hinlänglich genauen Theilmaschine von einer ähnlichen Einrichtung bedienen, als welche durch BAUMGARTNER[1] in Vorschlag gebracht worden ist. Fig. 44. Diese besteht aus zwei starken Stäben von festem Holze AB und CD, etwa 1 Zoll dick, 2 Z. breit und 24 Z. lang, die durch ein Scharnier bei BD beweglich und zur gröfseren Festigkeit unten mit 3 Klötzchen unter A, C und BD als Unterlagen versehn sind. Die auf die Scalen überzutragende Normaltheilung könnte auf die Stäbe unmittelbar aufgetragen werden, genauer und bequemer wird es aber seyn, wenn sie sich auf der schmalen Seite eines messingenen Mafsstabes von 1 bis 1,5 Lin. Dicke und etwa 3 bis 4 Lin. Breite befindet, welcher in die Nuth ab oder a′b′ gelegt und vermittelst zweier durch die Schrauben α, β oder α', β' angezogener Lappen festgehalten, an der Seite des einen der Stäbe so angelegt ist, dafs seine getheilte Kante mit der oberen Fläche desselben in einer Ebene liegt. Um mehrere Zwecke zu erreichen, würde es gut seyn, auf die eine schmale Seite des Mafsstabes ein bekanntes Mafs, z. B. Pariser oder rheinländische Linien, und auf die andere Millimeter auftragen zu lassen, um hiernach Scalen von fester Gröfse der Theile zu verfertigen, wie sie unter andern für Barometer erfordert werden. Die zu theilende Scale wird auf denjenigen Stab gelegt und durch die genannten zwei geeigneten Klemmschrauben auf demselben festge-

1 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande u. s. w. Supplementband. S. III.

Digitized by Google

halten, an dessen Seite sich der Normalmaſsstab nicht befindet, und man übersieht bald, daſs man Scalen von willkürlicher Länge auf diese Weise theilen könne, da es gestattet ist, sowohl die zu theilende Scale, als auch den Maſsstab willkürlich hinauf, erstere auch hinab zu schieben.

Um die Theilung mit Genauigkeit von dem Normalmaſsstabe auf die zu verfertigende Scale überzutragen, ist noch ein Anschlaglineal erforderlich. Dieses besteht aus einem Parallelepipedon von hartem Holze oder besser von Messing A B, Fig. 45. welches mit seiner Seite an den Normalmaſsstab angelegt wird, während die drei Lappen a, a', a über der getheilten Seite hin und her geschoben werden. Um die Theilung scharf zu bestimmen, ist der Lappen a in der Mitte geschlitzt, und man verschiebt das Lineal so lange, bis der verlangte Theilstrich genau in der Mitte dieses Einschnittes gesehn wird, wobei es sich von selbst ergiebt, daſs dann auf der zu theilenden Scale der erforderliche Strich vermittelst des Lineales b c gezogen wird. Soll eine Scale in gleicher Gröſse aufgetragen werden, so muſs das Lineal b c mit dem Parallelepipedon A B zwei rechte Winkel bilden, wobei es jedoch genügt, dieses nur nach dem Augenmaſse zu bestimmen, damit die Theilstriche auf der Scale nicht schräg erscheinen; das Lineal ist aber in einem Scharnier bei b beweglich und läſst sich in einem beliebigen Winkel feststellen, wodurch man zwei Zwecke erreicht; zuerst kann man das Lineal in einen gewissen Winkel stellen, um auf einem Maſsstabe *Transversalen* zu ziehn, zweitens bedarf man eine solche Stellung, um die aufzutragenden Theile der Scale willkürlich zu vergröſsern oder zu verkleinern. Sollen diese nämlich der Normalscale ganz gleich werden, so müssen beide Schenkel der Maschine A B und C B einander parallel und das Lineal b c auf das Anschlagstück A B lothrecht gerichtet seyn, verlangt man aber ungleich groſse Theile, so wird der Schenkel C D in die Lage C D gebracht, und dann lassen sich die gesuchten Theile willkürlich vergröſsern und verkleinern. Will man die Theile der Normalscale vergröſsern, so legt man die letztere an den Schenkel A B, die zu theilende Scale aber befestigt man auf dem Schenkel C D und führt diesen so weit zur Seite, bis der erforderliche Winkel $= \alpha$ erreicht worden ist, welchen man so lange ändert, bis 1 oder 10 oder 100 Theile der zu verfertigenden

Digitized by Google

Scale bei Anlegung des bis zu einem gleichen Winkel gedrehten Lineals mit ebenso vielen Theilen der Normalscale zusammenfallen, was sich durch Probiren leicht erreichen läſst. Fig. 46. Heiſst dann der Neigungswinkel α, der Theil der Normalscale ab = T, der auf der Scale erhaltene Theil cd = T', so ist

$$T' = T \frac{1}{\text{Cos.}\,\alpha} = T.\text{Sec.}\,\alpha,$$

will man dagegen die Theile verkleinern, so befestigt man die Normalscale am aufgeschlagenen Schenkel CD, die zu theilende Scale aber auf dem Schenkel AB, und erhält dann

$$T' = T.\text{Cos.}\,\alpha = T.\frac{1}{\text{Sec.}\,\alpha}.$$

Sollen dann die zu zeichnenden Theilstriche auf der Scale nicht schräg seyn, so versteht sich von selbst, daſs das Lineal bc gleichfalls den Winkel α mit dem Anschlagstücke bilden müsse[1].

M.

Theodolit.

Dieses Instrument ist eines der nützlichsten und nothwendigsten für die Astronomie, Geodäsie und Physik, besonders für die optischen Theile der letzten Wissenschaft, weshalb das Vorzüglichste über den Bau und den Gebrauch desselben in einem Werke dieser Art nicht vermiſst werden darf.

Fig. 47. Der Theodolit besteht in seinen wesentlichsten Theilen aus einer horizontalen Scheibe AB und aus einem auf dieser Scheibe stehenden und mit einem Fernrohre CDE fest verbundenen verticalen Kreise FG. Die horizontale Scheibe läſst sich um ihre fixe verticale Axe K und der verticale Kreis läſst sich sammt dem Fernrohre um seine horizontale Axe CH drehn, so daſs demnach durch diese doppelte Drehung das Fernrohr sich auf jeden Punct in und über dem Horizonte stellen läſst. Die horizontale Axe CH ruht auf vier (bei r und s in der Zeichnung sichtbaren) Stützen, die an ih-

1 Eine ähnliche, jedoch anders construirte, sehr feine Theilmaschine dieser Art habe ich beim Mechanicus Meierstein in Göttingen gesehn.

Digitized by Google

ren unteren Enden mit dem horizontalen Kreise AB fest verbunden sind und sich daher zugleich mit diesem Kreise bewegen. Das Fernrohr CDE aber ist in seiner Mitte D unter einem rechten Winkel so gebrochen, dafs ein im Innern des Rohrs bei D aufgestellter Planspiegel die von dem Gegenstande auf das Objectivglas E fallenden Lichtstrahlen in der Richtung CD auf das Ocular C und von da in das vor C stehende Auge des Beobachters reflectirt. Durch diese Einrichtung eines gebrochenen Fernrohrs sieht also das Auge alle Gegenstände immer in der horizontalen Richtung CH, welche Höhe über dem Horizonte sie auch haben mögen. Das ganze Instrument ruht auf einem Dreifufs, der an seinen Enden von drei starken Schrauben getragen wird, deren Muttern mit ihren konischen Endspitzen c, d, e in den Boden, auf welchem das Instrument aufgestellt wird, fest eingreifen. Zur Schonung dieser Stahlspitzen stellt man sie auf kleine, tellerförmige Unterlagen von Messing, die auf ihrer obern Seite kleine Vertiefungen haben, in welche jene Spitzen genau passen. An der untern Seite dieses Dreifufses ist eine dreiarmige Stahlfeder (von welcher man zwei Arme f und g zu beiden Seiten von b sieht) durch drei Schrauben befestigt. Auf der Mitte b dieser elastischen Feder ruht die eigentliche verticale Axe ba des Horizontalkreises AB. Diese Axe ist ein Cylinder von Stahl, der von dem hohlen, an den Dreifufs befestigten Cylinder K von Messing umgeben ist. Beide Kreise, der horizontale AB und der verticale FG, sind an ihrem Stande, wo sie einen mit Silber eingelegten Kreis tragen, in Grade und Theile des Grades getheilt. Ueber diesen Theilungen ist ein fixer metallener Arm (die *Alhidade*) in der Richtung der Halbmesser beider Kreise befestigt. Diese Arme tragen an ihren äufsersten Endpuncten, bei m und n, einen *Vernier*[1], um dadurch die Stellung der beiden Kreise oder die des Fernrohrs genau angeben zu können. Die eine dieser Alhidaden m ist an den erwähnten hohlen Cylinder K bei a befestigt und die andere n wird durch ein an dem Horizontalkreise AB angebrachtes Gestelle pq getragen.

Um mit diesem Instrumente einen Gegenstand zu beobachten, dreht man den horizontalen Kreis in seinem Cylin-

1 S. Art. *Nonius*. Bd. IX. Abth. II.

Digitized by Google

der K, bis der Gegenstand in die Verticalebene des Höhe kreises FG kommt, und dann dreht man diesen Höhenkrei sammt seinem Fernrohre, so lange, bis der Gegenstand i Felde des Fernrohrs und zwar in dem Durchschnitte der bei den Kreuzfäden erscheint, die in dem Brennpuncte dies Fernrohrs ausgespannt sind. Zur genaueren Stellung des Fern rohrs hat man an den beiden Kreisen eigene Mikrometer schrauben angebracht, durch welche man diesen Kreisen ei kleine Bewegung vor- oder rückwärts ertheilen kann. H man diese Stellung des Fernrohrs ausgeführt, so zeigt die Al hidade m des Kreises AB die horizontale und die Alhidad n des Kreises FG die verticale Richtung des Gegenstand auf dem getheilten Rande der beiden Kreise an.

Bei einigen dieser Instrumente ist der Horizontalkreis Al ein doppelter concentrischer Kreis, um damit die horizontale Winkel nach der Art zu *multipliciren*, wie dieses bereit oben[1] erklärt worden ist. Bei noch vollkommneren Instrumen ten dieser Art ist auch der Verticalkreis doppelt, um dam die Verticalwinkel zu multipliciren. Ein so eingerichtetes In strument wird *Universalinstrument* genannt. Doch ist de oben beschriebene Theodolit mit einfachen Kreisen, wenn e mit Sorgfalt gearbeitet ist, zu beinahe allen Beobachtungen de Physik und Optik, ja selbst der Geodäsie, vollkommen hin reichend und überdieſs von viel geringeren Kosten, wie wi am Ende dieses Artikels sehn werden.

Rectification des Theodoliten.

Ehe man aber mit einem solchen Instrumente zu den Be obachtungen übergeht, muſs es vorerst in allen seinen Thei len berichtigt oder *rectificirt* werden. I. Zu diesem Zweck muſs zuerst der untere Kreis AB horizontal oder, was dasselb ist, seine (auf die Ebene dieses Kreises schon von dem Me chaniker genau senkrecht gestellte) Axe ab muſs vertical ge stellt werden. Dieses geschieht mittelst einer Wasserwaage (Li belle), die man auf die horizontale Drehungsaxe CH aufstell nachdem man diese Axe nahe in die Richtung von zwei de drei untersten groſsen Fuſsschrauben des Instruments gebrach hat.

1 S. Art. *Multiplicationskreis*. Bd. VI. S. 2461.

Man bringt nämlich durch Drehung der einen dieser zwei Fufsschrauben die Luftblase der Libelle an einen bestimmten Ort, z. B. an den Punct 10 der bezeichneten Glasröhre, dann wendet man den Kreis AB nahe um 180 Grade um, so dafs also die Axe CH wieder nahe mit denselben zwei Fufsschrauben parallel wird. Ist die Blase bei dieser zweiten Stellung der Libelle nicht mehr bei dem früheren Theilpuncte der Glasröhre, sondern z. B. bei dem Theilstriche 18, so bringt man sie, durch eine jener zwei Fufsschrauben, auf das Mittel jener zwei Zahlen oder auf $\frac{1}{2}$ (10 + 18) = 14. Wenn dieses geschehn ist, so dreht man den Kreis AB blofs um 90 Grade weiter, so dafs also die Axe CH jetzt durch die dritte jener drei Fufsschrauben geht, und bringt hier, aber blofs mit dieser dritten Schraube, die Blase wieder auf den letzten Theilstrich 14. Dadurch hat man das Instrument dahin gebracht, dafs die Libelle in allen Lagen des Kreises AB immer denselben Theilstrich 14 zeigt, zum Beweise, dafs dieser Kreis nun selbst horizontal gestellt ist.

Gewöhnlich wird man, wenn der anfängliche Fehler des Kreises AB zu grofs war, dieses Verfahren noch ein- oder zweimal wiederholen müssen, wodurch der Fehler immer mehr verkleinert wird, bis er endlich ganz unmerklich ist. Will man dann nach hergestellter Horizontalität dieses Kreises auch noch die Libelle selbst rectificiren, so darf man nur (mittelst der eigenen Correctionsschraube dieser Libelle, die auf die Lage der Glasröhre wirkt) die Luftblase derselben genau in die Mitte der Glasröhre bringen. Doch ist dieses nicht nothwendig, da es schon, wie man aus dem Vorhergehenden sieht, genügt, wenn die Luftblase für den horizontalen Stand der Libelle nicht zu weit von der Mitte der Glasröhre entfernt ist.

II. Um dann auch die Drehungsaxe CH des Verticalkreises FG genau horizontal (und sonach diesen Verticalkreis selbst genau vertical) zu stellen, wird man bei unveränderter Lage des unteren Kreises AB dieselbe Libelle zuerst in einer und dann auch in der entgegengesetzten Lage auf dieser Axe CH aufstellen, so dafs dasselbe Ende der Libelle einmal nach C und einmal nach H zu stehn kommt. Steht die Blase in beiden Lagen der Libelle bei verschiedenen Theilstrichen, z. B. bei 22 und 18, so wird man sie wieder auf das Mittel

$\frac{1}{2}(22 + 18) = 20$ bringen, und zwar (mittelst einer dazu bestimmten Correctionsschraube) durch Verlängerung oder Verkürzung der einen Stütze r oder der andern s, auf welchen nach dem Vorhergehenden die Axe CH aufruht. Uebrigens wird man auch diese Operation, wenn es nöthig ist, wiederholen, bis der etwa noch übrige Fehler ganz unmerklich wird.

III. Um endlich noch das Fadenkreuz im Brennpuncte des Fernrohrs gehörig aufzustellen, richtet man dieses Kreuz auf einen weit entfernten und scharf begrenzten Gegenstand, und bewegt dabei das Ocular des Fernrohrs (in der für dasselbe bestimmten Röhre) so lange vor- oder rückwärts, bis der Gegenstand im Fernrohre vollkommen deutlich erscheint.

Sieht man dann das Fadenkreuz undeutlich, so rückt man auch dieses Kreuz (mittelst einer eigenen Schraube) so lange vor oder zurück, bis dasselbe ganz scharf und schwarz erscheint, oder bis es den Punct des Gegenstands, auf welchen man es gestellt hat, nicht mehr verläſst, wenn man auch das Auge vor dem Oculare hin und her bewegt. Dadurch ist das Fadenkreuz in den Brennpunct des Fernrohrs gebracht. Um aber dann auch den verticalen Faden desselben in der That genau vertical zu stellen, wird man diesen Faden durch eine sanfte Bewegung des Fernrohrs in seiner Verticalebene an einem scharf begrenzten Gegenstande, der ganzen Länge des Fadens nach, herabgehn lassen. Wenn der Faden bei dieser Bewegung den Gegenstand verlassen oder in ihn tiefer als anfangs einschneiden sollte, so dreht man ihn (mittelst einer eigens dazu bestimmten Schraube) so lange um seinen Mittelpunct, bis dieser Fehler nicht mehr bemerkt wird. Dadurch ist dann auch der andere Faden horizontal gestellt worden, da derselbe schon von dem Künstler auf den ersten senkrecht gebracht wurde. Um endlich noch denselben verticalen Faden des Kreuzes so zu stellen, daſs die durch ihn und durch die Mitte des Objectivs E gehende Ebene auch senkrecht auf der Drehungsaxe CH (oder, was dasselbe ist, parallel mit dem Verticalkreise FG) wird, bringe man diesen Faden auf einen wohlbegrenzten Gegenstand und lese die Alhidade m des Horizontalkreises AB ab. Nehmen wir an, man habe so den Winkel 36° 48′ 20″ gefunden. Dann dreht man diesen Kreis und mit ihm das Fernrohr genau um 180 Grade, indem man

ihn auf 216° 48′ 20″ stellt, und bringt in dieser Lage des Instruments das Fernrohr wieder auf den frühern Gegenstand. Trifft hier der Faden den Gegenstand nicht mehr genau, so verrücke man den Kreis, bis dieses geschieht. Gesetzt der Kreis zeige in dieser neuen Lage 216° 47′ 50″, also 30″ zu wenig gegen seine frühere Stellung. Man bringe also den Kreis auf die Mitte zwischen diesen beiden Lesungen oder auf 216° 48′ 5″, und nachdem man so den Kreis um die eine Hälfte des ganzen Fehlers von 30″ verbessert hat, verbessere man auch die andere Hälfte durch Verrückung des Fadens, indem man denselben genau auf seinen früheren Gegenstand zurückführt.

Noch mufs bemerkt werden, dafs der Künstler denjenigen Punct des Verticalkreises, welcher dem Horizonte oder dem Zenith entspricht und durch 0° oder 90° bezeichnet seyn soll, nicht eigens angedeutet, sondern dafs er den Anfangspunct 0° der Zählung ganz willkürlich angenommen und dem Beobachter die Bestimmung desselben überlassen hat. Um ihn zu bestimmen, darf man nur einen Gegenstand zweimal mit umgewendetem Instrumente beobachten, so dafs z. B. der Verticalkreis FG einmal rechts und dann links von dem Beobachter steht. Wenn in diesen beiden Beobachtungen der Gegenstand genau an den horizontalen Faden gebracht und der Verticalkreis mittelst seines Verniers abgelesen worden ist, so wird das Mittel aus den beiden Ablesungen den gesuchten höchsten Punct des Kreises FG oder denjenigen Punct des Kreises geben, auf welchen dieser Kreis gestellt werden mufs, wenn das Fernrohr genau vertical oder gegen das Zenith gerichtet seyn soll. Ist nun der so gefundene höchste Punct des Kreises z. B. um 3° 12′ 40″ von dem numerirten Nullpuncte entfernt, so wird man alle mit diesem Kreise beobachteten Zenithdistanzen in der einen Lage des Kreises um 3° 12′ 40″ vermehren und in der andern um ebenso viel vermindern, um die gesuchte wahre Zenithdistanz des beobachteten Gegenstandes zu erhalten.

Aehnlich mit dem Theodoliten, in Einrichtung und Gebrauch, ist der sogenannte *Höhen- und Azimuthalkreis*, der vorzüglich in England gewöhnlich ist. Man sieht auch hier den horizontalen Kreis AB, der auch Azimuthalkreis genannt Fig. 48.
wird, und den verticalen Kreis FG, das Fernrohr CE, die

Digitized by Google

beide Kreise verbindende verticale Säule K und endlich das dreifüſsige Piedestal, auf welchem das ganze Instrument ruht. Der Verticalkreis hat zwei einander gegenüberstehende Verniers n und n und eine Druckschraube D, durch welche er an die Säule K so befestigt werden kann, daſs ihm mittelst einer Mikrometerschraube L noch eine kleine Bewegung in seiner Verticalebene verstattet ist, um den schon nahe auf das Object gestellten horizontalen Faden des Fernrohrs ganz genau auf denselben bringen zu können. Ebenso hat der Azimuthalkreis AB drei Verniers m, m, m und auch bei d und l seine Druck- und Mikrometerschraube, mittelst deren die Säule K sammt dem an ihr befestigten Verticalkreise noch etwas im Horizonte verschoben werden kann. Ist aber diese Druckschraube d offen oder gelöst, so lassen sich Säule und Kreis frei im Horizonte drehn. Eine ähnliche Schraube sieht man in N, durch welche der an das Fuſsgestell befestigte Azimuthalkreis AB und mit ihm also auch die Säule K und der Verticalkreis FG noch um einige Grade in horizontaler Richtung sich verstellen läſst, um jede kleine Verrückung des verticalen Kreises, die während der Beobachtungen statt haben kann, durch diese Schraube N wieder herzustellen. Bei M sieht man das eine Ende der Libelle, die an der Säule K befestigt ist und die, wie bei dem Theodoliten, zur horizontalen Einstellung des Azimuthalkreises AB dient, wodurch zugleich die auf diesen Kreis senkrecht gestellte Axe K, so wie der mit dieser Axe parallel gestellte Kreis FG die nothwendige verticale Lage erhält. Endlich sieht man noch bei F, G und B die Loupen oder Mikroskope, die sich über die ganze Peripherie ihrer Kreise bewegen lassen und die zur genauen Ablesung der feinen Striche der Eintheilung dienen, welche am Rande der beiden Kreise angebracht ist. Bemerken wir noch, daſs die Rectification und der Gebrauch dieses Instruments von dem des Theodoliten nicht wesentlich verschieden ist und leicht aus dem oben Gesagten genommen werden kann.

Da dieses das letzte gröſsere Instrument ist, welches in unserm Werke beschrieben wird, so mag es nicht unangemessen erscheinen, auch die Preise kurz anzugeben, für welche man die vorzüglichsten dieser Instrumente erhalten kann. Von den Mikroskopen, den dioptrischen Fernröhren und des

Spiegelteleskopen ist dieses schon oben[1] geschehn, daher sie hier übergangen werden können.

Der zuletzt erwähnte Azimuthal- und Höhenkreis, dessen beide Kreise einen Durchmesser von $3\frac{8}{10}$ Par. Zoll haben, wird in London von Robinson um 10 Pfund, nahe 100 fl. Augsb. Cour., in dem polytechnischen Institute zu Wien aber mit derselben Vollkommenheit um 80 bis 90 fl. verfertigt. In demselben polytechnischen Institute erhält man den oben beschriebenen Theodoliten, dessen horizontaler Kreis $7\frac{8}{10}$ Par. Zoll und dessen verticaler $5\frac{8}{10}$ Zoll hat, um 280 fl. Der Horizontalkreis giebt mit 4 Verniers unmittelbar 10 Secunden und der Verticalkreis die einzelnen Minuten.

Ebendaselbst werden endlich auch folgende, in den frühern Artikeln dieses Werkes erwähnte Instrumente verfertigt. Die Zolle sind in Wiener Mafs (der Wiener Zoll ist gleich 0,97312 Par. Zoll) und die Preise in Augsb. Cour. oder sogenannter Conventionsmünze.

Multiplicationstheodolit von 8 Zoll Durchmesser des Horizontalkreises und 6 Zoll des Verticalkreises, jener zu 10 Secunden, dieser zu einzelnen Minuten getheilt, Fernrohr mit 13 Zoll Brennweite und $1\frac{1}{10}$ Zoll Oeffnung, sammt Aufsatzlibelle und Kasten . . . . 400 fl.

Multiplicationstheodolit von 12 Zoll Durchmesser des Horizontalkreises und 7 Zoll des Verticalkreises, jener zu 4 Secunden, dieser zu 10 Secunden getheilt, Fernrohr mit 17 Z. Brennweite und 1,3 Zoll Oeffnung, sammt Libelle nnd Kasten . . . . 600 fl.

Dasselbe Instrument, aber nicht zur Multiplication eingerichtet . . . . 450 fl.

Universalinstrument; der Horizontalkreis hat 14 Zoll Durchmesser und ist durch 4 Verniers von 4 zu 4 Secunden getheilt; der Verticalkreis hat 10 Z. Durchmesser und giebt durch 4 Verniers unmittelbar 10 Secunden; das Fernrohr ist in der Mitte gebrochen und seine Brennweite hat 22 Zoll, seine Oeffnung aber 1,8 Zoll; zwei Libellen zum Aufsetzen, Beleuchtung durch die Axe, das Ganze in zwei Kasten 1150 fl.

---

1 S. Art. *Mikroskop* Bd. VI. S. 2281 und *Teleskop* oben No. U. und V.

Digitized by Google

Multiplicationskreis von 19 Zoll Durchmesser, durch 4 Verniers zu 4 Sec. getheilt, und von 9 Zoll; Azimuthalkreis in 10 Sec. getheilt; Fernrohr von 24,5 Zoll Brennweite, 1,8 Z. Oeffnung, prismatisches Ocular, drei Libellen, Beleuchtungslampe, das Ganze in zwei Kasten . . . . 1200 fl.

Dem vorigen gleich und ähnlich, aber ohne Multiplication . . . . 1000 fl.

Passageninstrument von 38 Zoll Länge der Horizontalaxe, mit Fernrohr von 73 Zoll Brennweite und 4½ Z. Oeffnung, 3 astron. Oculare, grofse Hängelibelle, Beleuchtungs- und Balancirungs-Apparat, Aufsuchkreis von 18 Zoll Durchmesser . . . . 1600 fl.

Passageninstrument von 26 Zoll Länge der Horizontalaxe, mit Fernrohr von 43 Z. Brennweite und 2,9 Zoll Oeffnung, 3 astron. Oculare, eine Hänglibelle, Beleuchtungs- und Balancirungsapparat . . . . 700 fl.

Aequatoreal[1], Durchmesser der beiden Kreise 24 Zoll; der Stundenkreis ist in einzelne Zeitsecunden, der Declinationskreis in 4 Raumsecunden mittelst Verniers getheilt; die Stundenaxe hat 48, die Declinationsaxe 12 Zoll; das Fernrohr hat 48,5 Zoll Brennweite und 3,5 Zoll Oeffnung; sammt Libellen u. s. w. . . . . 2800 fl.

Portatives Aequatoreal auf 2 Fufs hohem solidem Gestelle von Gufseisen; der Stundenkreis hat 10 Zoll Durchmesser, der Declinationskreis 13,5 Zoll, jener giebt einzelne Zeitsecunden und dieser 4 Raumsecunden mittelst des Verniers; die Stundenaxe ist 27 Zoll lang, das Fernrohr hat 30 Zoll Brennweite, 2,5 Zoll Oeffnung und 3 astronomische Oculare, zwei Libellen u. s. w. . . . . 1000 fl.

Meridiankreis von 37 Zoll Durchmesser; der Kreis giebt, mittelst 4 Verniers, unmittelbar 2 Secunden, die Horizontalaxe ist 34 Z. lang, das Fernrohr hat 61 Z. Brennweite, 4,1 Z. Oeffnung; dabei eine grofse Hänglibelle und eine kleinere zur Versicherung des Standes der Alhidade . . . . . . 3100 fl.
und der Wagen zur Umlegung des Instruments . . 180 fl.

Meridiankreis von 24 Zoll Durchmesser, durch die

---

1 S. Art. *Meridiankreis*. Bd. VI. S. 1805.

Verniers von 4 zu 4 Secunden getheilt; die Horizontalaxe hat 24 Zoll Länge, das Fernrohr hat 48½ Zoll Brennweite und 3½ Zoll Oeffnung . . . . 1600 fl.

L.

Thermoelektricität. Thermomagnetismus.

Thermoelectricitas, *Thermomagnetismus*; Thermoelectricité, Thermomagnétisme; *Thermo-electricity*, *Thermo-Magnetism*.

Mit diesem Namen bezeichnet man im engern Sinne diejenige Classe von elektrischen Erscheinungen, welche durch die bloſse Einwirkung der Wärme auf die besten Leiter der Elektricität, insbesondere auf Metalle, erregt werden und mit welchen zugleich auf eine gesetzmäſsige Weise magnetische Polarisationserscheinungen in diesen Körpern auftreten. Indem man die hier vorkommenden Erscheinungen als von einer Elektricitätserregung oder Störung des elektrischen Gleichgewichtes abhängig ansieht und deren Erregung als das eigentliche Fundamentalphänomen betrachtet wird, gebührt dieser Classe von Erscheinungen mit Recht der Name Thermoelektricität, wodurch die charakteristische Art ihres Ursprungs ausgedrückt wird. Ebendiese Art des Ursprungs wird durch den Namen Thermomagnetismus ausgedrückt, sofern man zunächst nur den Magnetismus, unter welcher Form nämlich die hier erregte Thätigkeit sich kund thut, ins Auge faſst. Da die häufigste und wirksamste Form, unter welcher diese Erscheinungen auftreten, die eines in sich zurückgehenden Kreises oder Bogens und, insofern mehrere Individuen als Glieder in diesen Kreis eingehn, die Form einer Kette ist, dieselbe, unter welcher auch die gewöhnlichen galvanischen Erscheinungen auftreten, so unterscheidet man jene Kette durch den Namen der *thermoelektrischen* von der gewöhnlichen galvanischen als der *hydroelektrischen* und die elektrischen Ströme, welche in jener Kette als wirksam angenommen werden, als *thermo-elektrische* von den gewöhnlichen galvanischen als *hydro-elektrischen*,

Digitized by Google

so wie auch von denen, welche durch die Schliefsung und Oeffnung eines Magnets erzeugt werden, von den *magneto-elektrischen*.

I. Das Geschichtliche.

Dafs durch den blofsen Einflufs der Wärme das natürliche Gleichgewicht der Elektricität gestört und elektrische Polarisation erregt werden könne, war den Physikern längst bekannt. Man hatte diese Erscheinung schon in früher Zeit an dem *Turmaline* erkannt und in neuern Zeiten an mehreren andern krystallisirten Mineralien nachgewiesen. Diese Art von Thermoelektricität, welche man zum Unterschiede von derjenigen, die uns hier beschäftigt, die *Krystall-Elektricität* nennen könnte, bildet jedoch eine ganz eigene Classe von Erscheinungen von *statischer* Elektricität, während die hier abzuhandelnden zu den *elektro-dynamischen* gehören. Erstere werden in der Regel als dem Turmalin eigenthümlich zukommend betrachtet. Der Entdeckung der thermoelektrischen Erscheinungen im engeren Sinne als unter der Form des Thermomagnetismus mufste erst der grofse Schritt vorangehn, den Oersted auf dem Gebiete des Galvanismus gemacht hatte, sie folgte aber auch demselben sehr bald nach. Sie gebührt ausschliefslich dem ausgezeichneten Physiker Seebeck, der die erste Mittheilung seiner Versuche der Berliner Akademie in einer Vorlesung am 16. August 1821 machte[1]. Seebeck war durch seine Untersuchungen über den Magnetismus der hydroelektrischen Kette auf diese interessante Entdeckung geleitet worden. Er bemerkte nämlich bei Anwendung vorzüglich des Wismuths und Antimons in Form einer Scheibe eine Anomalie von dem allgemeinen Gesetze, dafs durch heterogene Metalle, nur wenn sie unter Mitwirkung einer Flüssigkeit zur Kette geschlossen sind, ein elektrischer Strom und davon abhängiger Magnetismus hervorgerufen werde. Es zeigte sich nämlich merkliche Ablenkung einer innerhalb eines Metallbogens aus Antimon und Kupfer, Wismuth und Kupfer angebrachten Magnetnadel, als Seebeck

---

1 Denkschriften der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Aus den Jahren 1822 und 1823. S. 265. Auch in Poggendorff Ann. VI. 1. 133. 253.

mit seinen Fingern das eine Metallstück hinabdrückte und so den Bogen schlofs. Bei weiterer Verfolgung dieser Erscheinungen und durch Abänderung der Umstände) entdeckte er bald, dafs die Erwärmung der Berührungsstelle beim Schliefsen des Kreises durch seine Finger die eigentliche Bedingung des Erfolgs gewesen sey, und die neue Bahn war gebrochen. Seebeck verfolgte seine Entdeckung nach allen Seiten und sammelte eine Masse von Thatsachen, durch welche die neuentdeckten Verhältnisse auf eine erschöpfende Weise aufgeklärt wurden. Ungeachtet schon im August und October 1821 und zuletzt im Februar 1822 in verschiedenen Vorlesungen diese Untersuchungen der Berliner Akademie mitgetheilt wurden, so erschienen sie doch erst im Jahre 1825 im Druck. Indefs verbreitete sich die Kunde der wichtigen Entdeckung durch mündliche Mittheilung, jedoch nur unvollständig. So kam es denn, dafs Yelin in München unabhängig von Seebeck am 1sten März 1823 eine wichtige Thatsache, die übrigens Seebeck schon früher erkannt hatte, entdeckte, nämlich, dafs auch Bogen von einem homogenen Metalle zur Erregung thermoelektrischer Ströme hinreichten, eine Thatsache, welche er in Verbindung mit vielen andern, ihm eigenthümlichen Erfahrungen im Gebiete des Thermomagnetismus der bairischen Akademie der Wissenschaften in München in zwei Vorlesungen mittheilte[1].

Durch Oersted, der im Jahre 1823 nach Paris reiste, wurden diese merkwürdigen Erscheinungen auch den Franzosen bekannt. Oersted vereinigte sich damals mit Fourier, und sie waren die Ersten, welche eine thermoelektrische Säule nach Art der Volta'schen aus Wismuth und Antimon zusammengesetzten und durch eine Reihe sinnreicher Versuche das Gesetz der Verstärkung der thermomagnetischen Wirkung durch eine solche Säule bestimmten[2]. In diesem Jahre begann auch Becquerel seine Versuche über das thermoelektrische Verhalten der Körper; er construirte aus einem einzigen Metalle, aus Kupferdraht, einen thermoelektrischen Apparat, und bestimmte durch genaue messende Versuche den Einflufs der verschie-

---

1 G. LXXIII. 361. 415.

2 Ihr Aufsatz findet sich in Schweigger's Journ. Th. XLI. S. 48. aus den Annales de Chim. T. XXII. p. 375. übersetzt.

Digitized by Google

denen Temperaturen auf Verstärkung und Umkehrung der thermomagnetischen Polaritäten, wie man ihm denn auch die Feststellung des Gesetzes der thermomagnetischen Reihe verdankt[1].

In Holland wurde Seebeck's Entdeckung durch eine Reihe von Versuchen von A. van Beeck, Moll und Zuylen Nyvelt bestätigt, ohne jedoch etwas Wesentliches hinzuzufügen. In England stellte Cunning in Cambridge eine grofse Reihe von Versuchen an, bestimmte viele Verhältnisse, ohne von Seebeck's Arbeiten Kenntnifs zu haben, und fügte eine neue wichtige Thatsache hinzu, indem er durch thermoelektrische Ströme Rotationsbewegungen um die Pole von Magneten zu Stande brachte[2]. Später untersuchte Sturgeon das thermomagnetische Verhalten von Metallen, die in verschiedenen Gestalten gegossen worden waren[3].

In Italien bethätigte Nobili, der sich so viele Verdienste um die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus erworben, auch auf dem Gebiete des Thermomagnetismus seinen Scharfsinn und sein grofses Experimentirtalent; sein gröfstes Verdienst in dieser Hinsicht ist die Anwendung der thermoelektrischen Säule als Thermometer, das auch das empfindlichste Differentialthermometer übertrifft und durch dessen Hülfe allein es dem Italiäner Melloni gelingen konnte, seine schönen Entdeckungen über die strahlende Wärme zu machen[4]. Endlich verdienen noch die grofse Reihe von Versuchen, welche Emmet in America[5] über die thermomagnetischen Erscheinungen von kalten und heifsen Metallen auf einander angestellt hat, und Bolto's[6] Versuche über die chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes mächtiger thermomagnetischer Säulen hier eine Erwähnung.

---

1 Poggendorff's Ann. IX. 345. Schweigger's Journ. Th. XXXIX. S. 448. Besonders aber Traité de l'Électricité et du Magnétisme. Par Becquerel. Tom. II. III. Paris. 1834 u. 1835.

2 Schweigger's Journ. Th. XL. S. 302.

3 Philos. Magazine Juli 1831.

4 Nobili's Arbeiten finden sich in mehreren Aufsätzen in Schweigger's Journ. Th. LIII. S. 264. und in Poggendorff's Ann. XX. 245. XXVII. 416.

5 Silliman's Journ. 25. u. 26. Band.

6 Poggendorff's Ann. XXVIII. 238.

Digitized by Google

II. Die Thatsachen.

1) Thermoelektrische Ketten aus zwei verschiedenen Metallen.

Die Volta'sche Theorie der Contact-Elektricität giebt eine genügende Rechenschaft von der Unwirksamkeit einer in sich zurückgehenden und in zwei Puncten sich berührenden Verbindung zweier heterogener Körper, mögen diese aus einer der beiden Hauptclassen der Erreger des Galvanismus, dem trockenen oder den feuchten, oder aus beiden Classen zugleich genommen seyn. Dieselbe Theorie giebt auch genügende Rechenschaft von der Unwirksamkeit jeder aus bloſsen Erregern der ersten Classe zusammengesetzten Kette, in welcher Zahl und Abwechselung auch diese Erreger auf einander folgen mögen, und zwar aus dem durch alle Versuche festbegründeten Gesetze der Spannung, welchem zufolge die nach entgegengesetzten Seiten auftretenden Spannungen oder ihre Summen sich überall vollkommen gleich sind und sich einander im Gleichgewichte erhalten, so daſs kein elektrischer Strom zu Stande kommt. In Beziehung auf die zweigliedrigen Ketten aus einem Erreger der ersten und einem Erreger der zweiten Classe hatte indeſs die Erfahrung gelehrt, daſs ein Uebergewicht der Zahl der Berührungspuncte an der einen Stelle über die an der andern Stelle zu einem, wenn gleich sehr schwachen, elektrischen Strome Veranlassung geben könne; dagegen hatte sich für die Erreger der ersten Classe so wenig in den zweigliedrigen als in den mehrgliedrigen Ketten ein solcher Einfluſs des Uebergewichts der Berührungspuncte auf der einen oder andern Seite nachweisen lassen. Diese vollkommene Unwirksamkeit geschlossener Ketten aus Erregern der ersten Classe[1] gilt jedoch nur unter der

---

1 Ganz neuerlich hat Mozza (Repertorium der Physik. Th. II. S. 116) Versuche bekannt gemacht, die diesem Satze zu widersprechen scheinen. Er will nämlich einen freilich nur schwachen elektrischen Strom erhalten haben, wenn er mit dem Quecksilber, mit welchem das eine Ende des Multiplicators in Verbindung stand, eine Zinkplatte in Berührung brachte, die an dem andern Ende des Multiplicators hing, und schreibt diese Wirkung der chemischen Verbindung des Zinks mit dem Quecksilber zu. Auch mit Legirungen aus Zink und Zinn, Zink und Blei will er unter diesen Umständen einen Strom

Bedingung einer Gleichheit der Temperatur derselben und namentlich keiner merklichen Differenz der Temperatur an ihren Berührungsstellen. Sobald diese statt findet, tritt auch sogleich eine Störung des elektrischen Gleichgewichts und damit gegebene elektrische Strömung durch den Umkreis der Kette ein, die sich zunächst durch jene merkwürdige elektromagnetische Thätigkeit kund giebt, welche der gewöhnliche galvanische (hydroelektrische) Strom in den Metallen, die ihm zu Leitern dienen, hervorruft, und durch welche auch am sichersten die Richtung und die Intensität der thermoelektrischen Ströme und eben damit das Verhalten der Metalle und anderer Körper gegen einander in dieser besondern Art von Ketten erkannt wird. Der einfachste Apparat, womit diese Erscheinungen in einem auffallenden Grade dargestellt werden, ist der in der Zeichnung gegebene. Man löthet an die beiden
Fig. 49. Enden einer Stange von Wismuth von 6 bis 9 Zoll Länge, einem halben Zoll Breite und einer oder zwei Linien Dicke einen dünnen Kupferstreifen von gleicher Breite, welcher zweimal rechtwinklig gebogen und von dem Wismuthstreifen hinlänglich entfernt ist, um zwischen beiden auf einem kleinen Fuſse eine Magnetnadel aufstellen zu können. Man stelle diese in sich zurückgehende Combination so, daſs die Längenaxe der Streifen in die Ebene des magnetischen Meridians fällt und also die Richtung der Magnetnadel parallel mit

---

erhalten haben, den die Ablenkung der Magnetnadel anzeigte. Diese Wirkung war mit einer allmäligen Auflösung des Quecksilbers verbunden. Kupfer zeigte nichts. Ich habe mit der gröſsten Sorgfalt mit sehr groſsen blanken Zinkplatten und Stanniolplatten diesen Versuch, aber ohne allen Erfolg, wiederholt. An der geringen Empfindlichkeit meines Multiplicators kann das Nichtgelingen nicht gelegen haben, da mir durch denselben Ströme in andern Fällen angezeigt wurden, wo Moser sie nicht erhielt, z. B. wenn zwei Säuren mit einander in Berührung standen, die durch Platten von Platin, Silber, Kupfer an den Enden des Multiplicators zur Kette geschlossen wurde. Auch blieb der Strom aus, wenn eine ganz frische Fläche von Kalium in ganz trockener Luft mit dem Quecksilber in Berührung gebracht wurde. Wenn aber auch die Angabe Moser's ganz richtig ist, so ist es mir doch höchst wahrscheinlich, daſs diese Ketten nach dem Gesetze der thermoelektrischen gewirkt haben, da an der Berührungsstelle des Zinks mit dem Quecksilber, wo jenes allmälig aufgelöst wurde, nothwendig entweder Erniedrigung der Temperatur (nach Döbereiner) oder Erhöhung derselben entstehn muſste.

Digitized by Google

dieser Axe ist. Das Ende a sey nach Süden und also das Ende b nach Norden gerichtet. So lange in allen Puncten dieses Systems die Temperatur dieselbe bleibt, kein Punct desselben vorzugsweise vor den andern merklich erhitzt oder abgekühlt wird, bleibt die Magnetnadel unverrückt in ihrer Lage, sie mag sich innerhalb beider Metallstreifen oder oberhalb des Kupferstreifens oder unterhalb der Wismuthstange befinden. Tritt aber eine Temperaturdifferenz in dem Systeme ein, wird namentlich die eine oder andere Löthstelle erhitzt oder merklich abgekühlt, so kommt sowohl die Declinations- als die Inclinationsnadel, wenn letztere auf eine passende Weise über der Combination aufgestellt ist, in Bewegung, und zwar langsam oder schnell, je nachdem die Temperaturdifferenz langsamer oder schneller steigt, und erreicht endlich ein gewisses Maximum; so wie aber durch Entfernung der Quelle der Erwärmung oder durch Abkühlung die Temperaturdifferenz sich allmälig wieder gleicht, kehrt die Magnetnadel langsam in ihre normale Lage zurück. Die Abweichung der Magnetnadel ist eine *östliche* oder *westliche*, je nachdem das nördliche oder südliche Ende erhitzt oder abgekühlt wird und die Magnetnadel sich oberhalb des Kupferstreifens, zwischen den beiden Streifen oder unterhalb des Wismuthstreifens befindet. Ebenso senkt sich oder hebt sich die Nadel, je nachdem das nördliche oder südl. Ende der Combination erwärmt wird und die Nadel auf der östlichen oder westlichen Seite des einen oder andern Streifens sich befindet. Folgendes ist die Uebersicht dieser Verhältnisse:

Declinationen.

Nadel.			
Zwischen KB	bei Erwärmung von	a westlich	stärker
	— — —	b östlich	
über K, unter B	— — — —	a östlich	schwächer
über K, unter B	— — — —	b westlich	

Inclinationen einer horizontal und mit B parallel gestellten Nadel bei Erwärmung von a.

An der Ostseite von B Erhebung des Nordpols
— — — von K Senkung des Nordpols

Digitized by Google

An der Westseite von B Senkung des Nordpols
— — — von K Erhebung des Nordpols.

Entgegengesetzt sind die Inclinationen bei der Erwärmung von b. Auch eine eigentlich so genannte Inclinationsnadel zeigt die gleichen Bewegungen, wenn die Combination schief genug gestellt wird, dafs die Streifen parallel mit der Richtung der Inclinationsnadel sind. Nimmt man statt eines Streifens von Wismuth einen Streifen von Antimon mit Beibehaltung des Kupferstreifens, so verhalten sich unter denselben Bedingungen die Erscheinungen auf eine entgegengesetzte Art; wo östliche Abweichung im ersten Falle statt fand, findet nun westliche Abweichung statt und umgekehrt, und wo Erhebung des Nordpols beobachtet wurde, tritt eine Senkung ein und umgekehrt. Wird Antimon dem Kupfer substituirt und übrigens die Combination wie im ersten Falle angeordnet, so bleiben alle Verhältnisse der Ablenkung und Senkung oder Hebung dieselben, nur treten bei denselben Temperaturdifferenzen alle Bewegungen in einem erhöhten Grade ein.

Man sieht auf den ersten Blick, dafs sich hier alle Erscheinungen eines Transversalmagnetismus ganz nach demselben Gesetze einstellen, als wenn dieser Bogen von einem gewöhnlichen galvanischen Strome durchlaufen würde, und zwar wie wenn der positiv-elektrische Strom bei Anwendung des Wismuths mit dem Kupfer jedesmal in der erwärmten Stelle in der Richtung von dem Wismuth nach dem Kupfer, bei Anwendung des Antimons in der Richtung vom Kupfer nach dem Antimon und bei Anwendung eines Bogens von Wismuth und Antimon in der Richtung vom Wismuth zum Antimon sich bewegte.

Dieser einfache Apparat ist, so viel mir bekannt, durch Pouillet, auf eine sinnreiche Weise abgeändert worden, so dafs man mit gröfster Leichtigkeit die überraschenden thermomagnetischen Wirkungen jederzeit wahrnehmen kann. Aus der Durchschnittszeichnung wird die Construction vollkommen deutlich. (Fig. 50.) Der Hauptbestandtheil des Apparates ist ein 6 bis 8 oder mehr, auch weniger Zoll langer, etwa 0,75 Z. breiter Streifen Kupferblech kk', unter welchem sich das proportionale Stück Wismuth ww' mit seinen beiden Enden angelöthet befindet, beide in ein rundes Fufsbret abcd mit drei Stellschrauben, zur Herstellung der horizontalen Lage, so eingelassen, dafs

die Enden kk' des Kupferstreifens mit der Oberfläche des Bretes in eine Ebene fallen. Der Kupferstreifen ist in der Mitte durchbohrt, um das Stäbchen von Holz, Fischbein oder Kupfer, worauf die beiden Magnetnadeln n s, n's' festgesteckt sind, durchzulassen. Dafs die letzteren vereint eine Nobili'sche astatische Nadel bilden, die vermittelst eines Coconfadens am Häkchen α aufgehangen ist, ergiebt die Zeichnung, auch sieht man, dafs das obere Ende des Fadens an einer messingnen Stange, die wegen der Wölbung der übergestürzten Glasglocke d e f g gebogen seyn mufs, auf irgend eine geeignete Weise befestigt ist, indem dasselbe entweder durch einen Einschnitt in das Ende β dieser Stange gezogen, oder über eine daselbst befindliche kleine Rolle geschlungen, von da an verlängert unter dem Rande der Glocke durchgeführt und um einen Stift gewickelt wird, damit man den Faden nachlassen oder straffer anziehn könne, um beide Nadeln in die gehörige Entfernung vom Kupferstreifen zu bringen. Das Fufsbret wird auf seiner ganzen Oberfläche, bis auf einen äufseren schmalen Ring, mit starkem Papier überklebt, auf welchem ein in Grade getheilter Kreis so befindlich ist, dafs man die Bewegung der oberen Magnetnadelspitze danach messen kann; man sieht daher von der ganzen Vorrichtung nur zwei runde, etwa 0,6 Z. im Durchmesser haltende Stellen des Kupferstreifens bei k, k', die meistens der Schönheit wegen übergoldet sind. Berührt man die eine derselben mit einem wärmeren oder kälteren Körper, als der Apparat selbst ist, so erfolgt augenblicklich eine Bewegung der Magnetnadel auf eine sehr überraschende Weise, selbst bei nur momentaner Berührung und unbedeutender Temperaturdifferenz. Dafs die Nadel bei Berührung der einen dieser Stellen sich nach der einen und bei Berührung der andern sich nach der entgegengesetzten Seite bewege, versteht sich von selbst. Man kann auch den Kupferstreifen von k bis k' führen, dann umbiegen und unter dem ersten Ende hinlaufend bis zu gleicher Länge mit diesem verlängern und zwischen beide Enden ein Stück Wismuth w löthen, in welchem Falle nur die eine Stelle k thermoskopisch wirkt. Ist die combinirte Magnetnadel im strengsten Sinne astatisch, so kostet es Mühe, sie nach irgend einer Bewegung zur Ruhe zu bringen, was deswegen unangenehm ist, weil sie mit dem Kupferstreifen parallel laufen mufs, wenn man die stärkste Wirkung verlangt. In diesem Falle ist es leicht, ihr

Digitized by Google

durch eine in den Träger der Nadeln gesteckte magnetisirte Spitze einer englischen Nähnadel oder durch geringe Schwächung der oberen Nadel eine Spur von Polarität zu geben, und dann läſst sie sich leicht durch Drehung des Fuſsbretes um seine verticale Axe mit den Streifen parallel stellen.

Es läſst sich auch ein Longitudinalmagnet mit den entgegengesetzten Polen an den Enden der Längenaxe der Metallstreifen darstellen. Man löthe zu diesem Behufe einen Ku-
Fig. 51. pferstreifen von 8 Zoll Länge und einer halben Linie Dicke und einen gleich langen Antimonstreifen von 6 Linien Dicke, beide von hinlänglicher Breite, zu einem Cylinder von 4 Zoll im Lichten zusammen. Um seine magnetische Thätigkeit zu entwickeln, muſs die Berührungslinie, in welcher die beiden Streifen zusammengelöthet sind, durch heiſse Bolzen von gehöriger Länge oder durch eine Reihe von Lampen erwärmt werden. Ein solcher Cylinder, wie der angegebene, gab Seebeck eine ruhende Declination von 75°, wenn die Boussole die Enden des Cylinders berührte, und es wurde in N der Südpol der Magnetnadel, in S. der Nordpol angezogen, die Pfeile in der Figur bezeichnen die Richtung des nördlichen und südlichen Magnetismus in der magnetischen Atmosphäre des Cylinders, und die Nadel SN zeigt die Declination auſsen in der Mitte des Cylinders an. Alle diese Verhältnisse gelten für eine Stellung des Cylinders mit seiner Längenaxe in der Richtung der magnetischen Mittagslinie, das Kupfer auf der östlichen, das Antimon auf der westlichen Seite bei Erwärmung der untern Löthungslinie. Ein solcher Cylinder, an einem feinen Coconfaden aufgehängt, dreht sich auch in diese Richtung. Wenn dagegen statt des Antimons Wismuth genommen wurde, so verhielt sich unter den gleichen Umständen Alles auf eine entgegengesetzte Weise, und ein solcher Wismuthcylinder dreht sich so, daſs der Halbcylinder von Wismuth nach Osten, der Halbcylinder von Kupfer nach Westen gerichtet ist.

Um alle bisher angegebene Erscheinungen hervorzubringen, ist die wesentliche Bedingung nur die Differenz der Temperatur in der Berührungsstelle der beiden Glieder der Kette, ob dieselbe nun durch künstliche Erwärmung einer der beiden Stellen durch irgend einen Wärmequell oder auch durch künstliche Abkühlung hervorgerufen wird, wobei dann die

Digitized by Google

künstlich abgekühlte Stelle in Beziehung auf die bei der gewöhnlichen Temperatur beharrenden das Aequivalent von diesen in der Kette mit erhitzter Berührungsstelle ist. Als Beleg mag folgender von Seebeck gemeinschaftlich mit Heinrich Rose angestellter Versuch dienen. Ein Ring, halb aus Antimon von 0,5 Zoll Dicke und halb aus dünnem Kupferblech von 0,5 Zoll Breite bestehend, wurde in eine Mischung aus 2 Theilen Schnee und 5 Theilen gepulvertem, salzsaurem Kalk gestellt, und zwar so, dafs Antimon im Süden, Kupfer im Norden stand. Die Magnetnadel innerhalb des Rings wich 8° bleibend östlich ab, als bei 6° R. im Zimmer der untere Berührungspunct auf — 32° erkaltet war. Innerhalb eines viereckigen Rahmens aus zusammengelöthetem Antimon und Wismuth wich die Nadel um 35° westlich ab und hielt sich fast eine halbe Stunde so, als Wismuth im Süden, Antimon im Norden stand, der untere Berührungspunct — 45° R. und der obere — 6° hatte. Dafs auch blofs die Temperaturdifferenz die Wirkung bestimmt, ergiebt sich noch weiter daraus, dafs die Gröfse der Wirkung, durch die Ablenkung der Magnetnadel gemessen, mit dieser Temperaturdifferenz wächst, worüber in einer besondern Rubrik das Nähere weiter unten folgen wird.

2) Thermomagnetische (thermoelektrische) Reihe der Körper, insbesondere der Metalle, Erze u. s. w.

Ganz auf dieselbe Weise, wie Wismuth und Antimon mit Kupfer oder beide erstere sich unter einander verhalten, verhalten sich alle Metalle, Metalllegirungen, viele natürliche Verbindungen der Metalle mit Schwefel und Sauerstoff, welche vollkommene Leiter der Elektricität sind, je zwei und zwei mit einander zur geschlossenen Kette combinirt, wobei es eben nicht erforderlich ist, dafs die Berührungsstellen zusammengelöthet werden, was in vielen Fällen nicht anwendbar wäre, sondern ein Zusammennieten, eine innige Berührung, eine Umschlingung um einander, wenn die Körper in Drahtform angewandt werden können, reicht hin, auch die starre Form ist nicht erforderlich, sondern das eine oder andere kann auch in geschmolzenem Zustande angewandt werden, und zwar

Digitized by Google

verhält sich das eine gegen das andere wie Wismuth gegen Antimon oder das Verhältnifs ist das umgekehrte, wobei sich eine höchst merkwürdige Reihenfolge der Körper ergiebt.

Die umfassendsten Versuche hierüber sind von Seebeck, nächst ihm von Cunning in Cambridge angestellt worden, wobei Ersterer sich blofs der Magnetnadel bediente, Letzterer aber zugleich den Multiplicator mit zu Hülfe nahm. Diesen Versuchen zufolge lassen sich alle Körper, welche in solchen Combinationen eine merkliche thermomagnetische Wirkung darbieten, bei denen also die Differenz der Temperatur ihrer beiden Berührungsstellen mit einander die Erregung eines elektrischen Stroms, wie die Theorie weiter unten nachweisen wird, bestimmt, in eine grofse thermomagnetische oder thermoelektrische Reihe ordnen, welche in vieler Hinsicht Analogie mit der bekannten galvanischen Spannungsreihe zeigt. Diese thermomagnetische Reihe bezieht sich auf das Verhalten der beiden Berührungsstellen der mit einander combinirten Glieder gegen einander, deren Temperaturdifferenz zunächst in Betracht kommt. Diesem Verhalten gemäfs lassen sich alle thermomagnetisch wirkende Körper in eine solche Reihenfolge ordnen, dafs der in derselben voranstehende mit jedem auf ihn folgenden zur Kette combinirt, unter denselben Bedingungen der Richtung der beiden Berührungsstellen gegen die Weltgegenden und der Temperaturdifferenz, so dafs die nach derselben Weltgegend gerichtete Berührungsstelle die wärmere, die nach der entgegengesetzten Weltgegend gerichtete die relativ kältere ist, stets dieselbe Art der Ablenkung der Magnetnadel, westliche oder östliche, dieselbe Art der Bewegung der Neigungsnadel, Senkung oder Erhebung bewirkt. Wenn man alle thermomagnetischen Erscheinungen als abhängig von einem elektrischen Strome, der in der geschlossenen Kette circulirt, betrachtet, so verhält sich, unter der Voraussetzung, dafs die hier thätig werdende (positive) elektr. Strömung von der erwärmten Stelle ausgehe, das eine thermomagnetische Glied in Beziehung auf das ihm in der Reihe folgende gleichsam als ein negatives, das in der Reihe darauf folgende als ein positives nach der Analogie der galvanischen Spannungsreihe, in welcher dasjenige Glied das negative ist, von welchem der (positive) elektrische Strom sich nach dem mit ihm in Berührung befindlichen bewegt, welches darum das positive

genannt wird, und die Reihe schreitet dann von dem am meisten negativen, gegen welches alle darauf folgende sich als positive verhalten, zu denen also von jenem der Strom sich in der erwärmten Stelle bewegt, zu dem am meisten positiven fort, gegen welches alle voranstehenden sich als negative verhalten, nach derselben Art, wie in der galvanischen Spannungsreihe. Aus dieser Reihe läfst sich dann jedesmal zum voraus bestimmen, wie sich die magnetischen Erscheinungen verhalten werden, wenn man je zwei solcher Körper mit einander combinirt und die eine oder andere Berührungsstelle erwärmt. Diese Bezeichnung als negative und positive Glieder würde sich indessen umkehren, wenn man annähme, dafs die elektrische Thätigkeit, der elektrische Strom, von der relativ kälteren Stelle ausgehe, doch würde darum die Reihenfolge selbst unverändert bleiben und die Orientirung in Rücksicht auf den jedesmaligen Ausfall der magnetischen Erscheinungen auf gleich leichte Weise geschehn. Da die Annahme von elektrischen Strömen in den thermomagnetischen Ketten fast von allen Physikern angenommen worden ist, so hat auch die Bezeichnung der thermomagnetisch thätigen Körper als positive und negative vom Anfang an fast allgemeinen Eingang gefunden und namentlich hat Cunning dieselbe gewählt. Nur Seebeck, der das magnetische Verhalten zunächst ins Auge fafste und auf die hierbei thätigen elektrischen Ströme keine Rücksicht nahm, unterschied die thermomagnetischen Körper in Beziehung auf jenes constante Verhalten gegen einander rücksichtlich der Erregung und Richtung der magnetischen Polarisation in *östliche* und *westliche*. Denkt man sich nämlich je zwei derselben nach dem oben angegebenen Schema so mit einander combinirt, dafs sie einen Longitudinalmagnet bilden, und einen solchen Cylinder bei Erwärmung der untern Berührungslinie in der normalen Lage mit seinem Nordpole nach Norden gerichtet, so befindet sich von den beiden Halbcylindern derjenige auf der Ostseite, welcher sich nach der ersten Ansicht als der negative verhält, der andere, der positive, auf der Westseite, das nach der thermoelektrischen Ansicht negative Ende der Reihe verwandelt sich demnach nach der thermomagnetischen in das östliche, das positive Ende in das westliche, und von je zwei Körpern der Reihe auf einander bezogen verhält sich stets der dem einen Ende näher

Digitized by Google

gelegene als östlicher in dem angegebenen Sinne, der andere dem entgegengesetzten Ende näher gelegene als westlicher. Diese Reihe gilt jedoch in ihrer Constanz nur innerhalb gewisser Grenzen der Temperaturdifferenz, indem in höhern Temperaturen wenigstens für einzelne Combinationen die thermoelektrischen Verhältnisse sich umkehren, indem die Thätigkeit abnimmt, durch 0 hindurchgeht und sich in die entgegengesetzte Polarisation verwandelt, wie aus der nähern Erörterung der Gesetze der Abänderung der thermomagnetischen Thätigkeit weiter unten ersichtlich seyn wird. Wir lassen nun zuerst die Reihe der *Metalle* nach Seebeck[1] folgen, wie sie sich für geringere Temperaturdifferenzen ergab.

Oestlich Negativ.

1. *Wismuth*, a) wie er in Berlin im Handel vorkommt, enthält etwas Eisen mit Schwefel verbunden;
   b) aus einem Oxyd von H. Rose reducirt.
2. *Nickel*, a) eine Stange von Richter verfertigt;
   b) mehrere Stangen und Körner von Fricke aus reinem Oxyd bereitet.
3. *Kobalt*, a) von Hermbstaedt nach dessen Angabe dargestellt, nicht ganz frei von Eisen;
   b) ein von Bergmann reducirtes Korn;
   c) von Barruel, die beiden letzteren etwas stärker als das erstere mit Kupfer Nr. 1. wirkend.
4. *Palladium*, a) von Wollaston;
   b) von Barruel.
5. *Platin*, Nr. 1. reines a) mehrere Stücke von verschiedenen Chemikern gereinigt;
   b) ein Tiegel aus Klaproth's Laboratorium.
6. *Uran*, ein von Bergemann reducirtes Korn, in Farbe dem Kobalt nahe kommend, etwas Eisen enthaltend.
7. *Kupfer*, Nr. 0. zwei von Bergemann aus reinem Oxyde durch schwarzen Fluſs reducirte Körner.
8. *Mangan*, zwei Proben reducirt von Poggendorff und Barruel.
9. *Titan*, aus Eisenschlacken von der Königshütte in Oberschlesien ausgeschieden von Karsten.

1 Abhandl. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1822. 1823. S. 284. Poggendorff Ann. VI. 17.

Digitized by Google

10. *Messing*, Nr. 1.
11. *Gold*, Nr. 1. eine Stange von ungarischem Ducatengolde, enthielt nach der Analyse von H. Rose 99,00 Gold, 0,66 Silber und 0,34 Kupfer mit etwas Eisen. Auch zu einem Blechstreifen gewalzt nahm es dieselbe Stelle in der Reihe ein.
12. *Kupfer*, Nr. 1. a) in Berlin im Handel vorkommend, keine fremden Metalle enthaltend;
    b) geschmolzenes von Neustadt-Eberswalde.
13. *Messing*, Nr. 2.
14. *Platin* Nr. 2. ein kleines geschmolzenes Stück.
15. *Quecksilber*, vom reinsten im Handel vorkommenden.
16. *Blei*, a) käufliches;
    b) reines von Karsten.
17. *Zinn*, a) englisches;
    b) böhmisches.
18. *Platin*, Nr. 3. eine Stange 1802 von Jeannetty erstanden.
19. *Chrom*, ein kleines von Bergemann reducirtes Korn von stahlgrauer Farbe.
20. *Molybdän*, von Barruel.
21. *Kupfer*, Nr. 2. im Handel vorkommend, keine fremden Metalle enthaltend.
22. *Rhodium*, von Wollaston und Barruel.
23. *Iridium*, von Barruel.
24. *Gold*, Nr. 2. a) durch Antimon gereinigt;
    b) aus dem Oxyde reducirt.
25. *Silber*, a) Kapellensilber in Stangen;
    b) aus salzsaurem Silber reducirt.
26. *Zink*, a) schlesisches;
    b) gereinigtes von Bergemann gab mit den meisten Metallen eine stärkere Wirkung als ersteres.
27. *Kupfer*, Nr. 3. Cämentkupfer, sowohl durch Eisen als auch durch Zink aus Kupfervitriol reducirt.
28. *Wolfram*, aus reinem Oxyd mit Kohle reducirt.
29. *Platin*, Nr. 4. a) der Deckel von dem obenangeführten Platintiegel;
    b) ein Löffel;
    c) ein Spatel.
30. *Cadmium*.
31. *Stahl*, mehrere Stücke engl. u. deutschen Gufs- u. Cämentstahls.

Digitized by Google

32. *Eisen*, von dem besten in Berlin im Handel vorkommenden Stangeneisen, und chemisch-reines Eisen.
33. *Arsenik*, sublimirt ganz rein.
34. *Antimon*, wie es im Handel vorkommt und ganz reines.
35. *Tellur*, ein Korn.

Westlich. Positiv.

In höherer Temperatur ordneten sich nach Seebeck's Versuchen mit zweigliedrigen Ketten ohne Anwendung des Multiplicators die verschiedenen Körper auf folgende Weise:

Oestlich. Negativ.

1) Wismuth.	11) Messing Nr. 1.
2) Nickellegirung.	12) Kupfer Nr. 0.
3) Palladium.	13) Kupfer Nr. 1.
4) Platin Nr. 1.	14) Kupfer Nr. 2.
5) Platin Nr. 3.	15) Gold Nr. 1.
6) Platin No. 4.	16) Gold Nr. 2.
7) Blei.	17) Zink.
8) Zinn.	18) Silber.
9) Stahl.	19) Antimon.
10) Stabeisen.	Westlich. Positiv.

Cunning stellte folgende Reihe auf, wobei die thermoelektrische Thätigkeit als von der erwärmten Stelle ausgehend angenommen ist:

Negativ.	
Bleiglanz.	Rhodium.
Wismuth.	Gold.
Quecksilber. }	Kupfer.
Nickel. }	Iridium und Osmium.
Platin.	Silber.
Palladium.	Zink.
Kobalt. }	Kohle.
Mangan. }	Graphit.
Zinn.	Eisen.
Blei.	Arsenik.
Messing.	Antimon.
	Positiv.

Man sieht auf den ersten Blick, daſs die thermoelektrische Reihe wesentlich von der gewöhnlichen galvanischen Spannungsreihe abweicht. Seebeck stellt für mittlere Temperaturen folgende galvanische Spannungsreihe auf.

+E

Zink.	Wismuth.
Blei.	Eisen (?).
Zinn.	Kupfer Nr. 2.
Antimon.	Platin Nr. 1.
	Silber.
	—E.

Diese Spannungsreihe verändert sich aber, wie Seebeck durch Versuche gefunden hat, sehr auffallend, worauf wir im Abschnitte: Theorie zurückkommen werden. Wollte man die elektrischen Ströme, die in der thermoelektrischen Kette thätig sind, von der durch die galvanische Spannungsreihe nachgewiesenen elektromotorischen Kraft, mit welcher die Metalle in ihren Berührungspuncten auf einander wirken, ableiten, und zwar unter der Voraussetzung, dafs die elektromotorische Kraft durch die Temperaturdifferenz so modificirt werde, dafs sie von der einen Berührungsstelle das Uebergewicht gewonnen hätte über die elektromotorische Thätigkeit in der andern Berührungsstelle, so würden sich nach Mafsgabe der thermoelektrischen Reihe die Metalle, je zwei und zwei zusammengeordnet, in zwei Classen theilen, indem in der einen, wie bei Zink und Wismuth, Zink und Silber, Antimon und Silber, Antimon und Kupfer u. s. w. das Uebergewicht des Stroms als von der erwärmten Berührungsstelle, in der andern Classe, wie bei Wismuth und Kupfer, Wismuth und Silber, Blei und Silber u. s. w. als von der relativ kältern Stelle ausgehend angenommen und folglich der Erwärmung ein entgegengesetzter Einflufs auf die Modification der elektromotorischen Kraft in diesen beiden Classen zugeschrieben werden müfste.

Seebeck hat aufser den Metallen noch eine Menge anderer Körper in Rücksicht auf ihr thermoelektrisches Verhalten mit einander geprüft, namentlich viele Legirungen, die zu manchen interessanten Resultaten geführt haben und welche an die Versuche Ritter's über die Modificationen erinnern, welche die Metalle durch ihre Verbindung in mannigfaltigen Verhältnissen mit einander in ihrem elektromotorischen Verhalten erleiden. So zeigen, wie aus der zuerst folgenden Tabelle erhellt, die Legirungen von Wismuth und Blei, von Wismuth und Zinn, das Merkwürdige, dafs sie höher als

Digitized by Google

Kupfer Nr. 2., d. h. dem negativen Ende näher stehn, wenn das Wismuth in ihnen vorwaltet, tiefer dagegen als dieses Kupfer, wenn das Wismuth den 4ten Theil oder weniger darin ausmacht, so dafs also durch die Vereinigung eines mehr negativen Metalls mit einem weniger negativen eine Verbindung entsteht, die selbst positiver als dieses letztere ist, und es eine Legirung beider Metalle in einem solchen Verhältnisse geben mufs, dafs ihre thermomagnetische Combination mit dem Kupfer Nr. 2., ungeachtet der Temperaturdifferenz der beiden Berührungsstellen, dennoch Null ist. Ebenso mufs unter den Legirungen von Antimon und Wismuth eine vorkommen, die mit Kupfer Nr. 2. keine Wirkung giebt. Dafs gewisse Legirungen des Antimons mit Zinn noch positiver als das Antimon selbst sind, d. h. mit dem Antimon sich nach Seebeck's Bezeichnungsart westlich verhalten, stimmt ganz mit der Erfahrung in der galvanischen Spannungsreihe überein, wonach gewisse Legirungen von Zink mit Zinn, von Zink mit Quecksilber noch positiver sind als das reine Zink selbst, das mit ihnen noch negativ wird. Aus der zweiten der nachfolgenden Tabellen ergiebt sich, dafs einige der leichtflüssigen Metalllegirungen, namentlich die von d'Arcet aus 8 Theilen Wismuth, 5 Theilen Blei und 3 Theilen Zinn und ein Paar Legirungen von Wismuth und Zinn, eine verschiedene Stelle einnehmen, je nachdem sie sich im starren oder flüssigen Zustande befinden, und zwar im ersteren Zustande stets dem positiven Ende näher stehn als im letzteren; dafs ferner einige derselben nach dem zweiten Erstarren an einer andern Stelle gefunden werden, als in dem ursprünglichen festen Zustande nach dem Gusse, eine Stelle, welche sie aber nicht weiter verändern, wenn sie dann von neuem geschmolzen werden und abermals erstarren. Für diejenigen Legirungen, welche im flüssigen Zustande dem negativen Ende näher stehn als im starren, mufs es bei ihrer Verbindung zu Ketten mit denjenigen Metallen, welche zwischen diesen äufseren Stellen liegen, eine Temperatur geben, bei welcher die magnetische Polarisation Null ist. Die dritte Tabelle betrifft einige merkwürdige Legirungen von Nickel, Eisen u. s. w.

Digitized by Google

Erste Tabelle.

Künstlich hergestellte Metalle.	Legirungen.
Wismuth.	
	Wismuth 3 Theile und Antimon 1 Theil
	— — — — Zink 1 —
	— — — — Kupfer 1 —
	— 1 Theil — — 1 —
	— 1 — — — 3 Theile.
Nickel.	
Platin Nr. 1.	
Gold Nr. 1.	
Blei.	
Zinn.	
	Wismuth 1 Theil und Zink 3 Theile.
	— — 1 Theil und Blei —
Platin Nr. 3.	
	Wismuth 1 Theil und Zinn —
Kupfer Nr. 2.	
	Wismuth 1 Theil und Blei 1 Theil.
Gold Nr. 2.	
Silber.	
	Wismuth 1 Theil und Zinn 1 Theil.
Zink.	
	Wismuth 3 Theile und Zink 1 Theil (Rose's leichtflüssiges Metallgemisch).
	Wismuth 1 Theil und Antimon 1 Theil.
	Antimon 3 Theile und Kupfer 1 Theil; Antimon 1 Theil und Kupfer 1 Theil; Antimon 1 Theil und Kupfer 3 Theile.
	Antimon 3 Theile und Blei 1 Theil; Antimon 1 Theil und Blei 1 Theil; Antimon 1 Theil und Blei 3 Theile.
	Antimon 1 Theil und Zinn 1 Theil; Antimon 1 Theil und Zinn 3 Theil.
Stahl.	
Stabeisen.	
	Wismuth 3 Theile und Zinn 1 Theil.
	— — 3 Theile und Antimon 3 Theile.
	Antimon 1 Theil und Zink 3 Theile.
Antimon.	
	Antimon 1 Theil und Zink 1 Theil.
	— — 3 Theile — — 1 Theil.

Digitized by Google

Zweite Tabelle[1].

Künstlich hergestellte Metalle.	Im festen Zustande, wie sie vom Gusse kommen.	Im flüssigen Zustande.	Im festen Zustande nach dem zweiten Erstarren.
Wismuth.			
Nickel.			
Platin Nr. 1.			
		I. Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecksilber.	
Gold Nr. 1.			
Kupfer Nr. 1.			
Blei.			
Zinn.			
	Wismuth 1 Theil, Blei 3 Theile.	Wismuth 1 Thl. Blei 3 Thle.	Wismuth 1 Theil u. Blei 3 Theile.
	I. Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecks.		
Platin Nr. 3.			
	II. Wismuth 1 Thl., Zinn 3 Thle.	II. Wismuth 1 Thl., Zinn 3 Theile.	
Kupfer Nr. 2.			
	Wismuth 1 Theil u. Blei 1 Theil.	III. Wismuth 1 Thl. u. Zinn 1 Theil.	
		Wismuth 1 Thl. u. Blei 1 Thl.	Wismuth 1 Theil u. Blei 1 Theil.
		IV. d'Arcet's Legirung.	II. Wismuth 1 Thl. u. Zinn 3 Thle.
Gold Nr. 2.			
Silber.			
	III. Wismuth 1 Theil u. Zinn 1 Theil.		I. Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecksilber.
	IV. d'Arcet's Legirung.		

1 Die römischen Zahlen beziehn sich auf die unter den verschiedenen Rubriken befindlichen mit einander identischen Mischungen, deren Stelle sich verändert.

Künstlich hergestellte Metalle.	Im festen Zustande, wie sie vom Gusse kommen.	Im flüssigen Zustande.	Im festen Zustande nach dem zweiten Erstarren.
Zink.	Wismuth 3 Thle. u. Blei 1 Theil. Rose's Legirung.	Wismuth 3 Thle., Blei 1 Theil.	Wismuth 3 Thle. u. Blei 1 Thl. Rose's Legirung. III. Wismuth 1 Thl., Zinn 1 Thl. IV. d'Arcet's Legirung.
Stahl. Stabeisen.	Wismuth 3 Thle. u. Zinn 1 Theil.	Wism. 3 Thle. u. Zinn 1 Thl.	Wismuth 3 Thle. u. Zinn 1 Thl.
Antimon.			

Dritte Tabelle.

Künstlich hergestellte Metalle.	Legirungen.
Wismuth.	a) Alle Amalgame von Wismuth.
Nickel.	b) Legirung von 2 Thle. Kupfer u. 1 Thl. Nickel. — — 10 — — 1 — — — — 10 — — 2 — — — — 5 — — 1 — — und 1 Thl. Zink. Legir. v. 16 Thle. Kupf. 6 Thle. Nick. u. 10 — — — 89,8 — — 10,2 — — — 61,74 — — 7,01 — — 31,25 — 54,88 — — 6,23 — — 38,89 Suhler Weifskupfer.
Palladium. Platin Nr. 1. Kupfer Nr. 0.	c) Roheisen 2 bis 3 Procent Zink enthaltend. d) Eisen reducirt durch die galvanische Kette, 2 Proc. Zink enthaltend. e) Messing Nr. 1. f) Fischer's gelber Stahl, das eine Ende.

Digitized by Google

Künstlich hergestellte Metalle.	Legirungen.
Gold Nr. 1.	
	g) Messing No. 2.
	h) Glockengut aus 100 Theilen Kupfer und 20 Theilen Zinn bestehend.
	i) 3 Stück Doppelfriedrichsd'or.
Blei.	
Zinn.	
Platin Nr. 3.	
	k) 6 Stück Friedrichsd'or.
	l) FISCHER's gelber Stahl, das andere Ende.
	m) Tutania Metall.
Kupfer Nr. 2.	
	n) Preufsische Thaler von 1820 und 1821.
	o) Ein Korn bestehend aus Rhodium, Palladium und etwas Platin.
	p) Spiegel-Composition aus 2 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn.
	q) Probestangen von 2- bis 11löthigem Silber.
Gold Nr. 2.	
	r) Probestangen von 12- bis 16löthigem Silber.
Silber.	
Zink.	
Platin Nr. 4.	
	s) Kohle, angeblich thermoxydirte.
Stahl.	
Stabeisen.	
	t) Platin mit 9,5 Proc. Arsenik.
	u) Wootz (Stahl).
	v) Wootz mit 0,01 Platin.
	w) Wootz mit 0,01 Rhodium.
	x) Regulus Antimonii martialis.
Antimon.	
Tellur.	

Digitized by Google

Interessant für die Theorie des Elektromagnetismus mufste besonders auch die Untersuchung des Verhaltens der Kohle sowohl für sich als auch in ihren verschiedenen Verbindungen mit Eisen seyn, in welchen sie den gewöhnlichen Graphit, Gufseisen, Stahl und Stabeisen darstellt, besonders mit Rücksicht auf das Verhalten der beiden ersteren in der galvanischen Spannungsreihe. Gewöhnliche Kohle von Buchen, Eichen, Haselstauden fand Seebeck ganz unwirksam, wahrscheinlich weil die Stücke nicht stark genug ausgeglüht waren. Ein Stück sogenannter thermoxydirter Kohle (durch den elektrischen Strom stark ausgeglüht?), welche Seebeck von Schweigger erhalten hatte, zeigte sich mit Kupfer No. 2., Silber, Zink positiv, und stand unterhalb diesen, also dem positiven Ende sehr nahe. Alle Arten von Roheisen verhalten sich mehr negativ, alle stehn dem Wismuth näher als das Stabeisen, aber nicht alle Flächen der Bruchstücke eines Roheisenflusses verhalten sich ganz gleich in der Wirkung, man findet daher dasselbe Stück an mehr als einer Stelle in der magnetischen Reihe, worüber Seebeck eine eigene Tabelle mitgetheilt hat. Das früher von ihm gefundene Resultat, dafs die an Kohle reicheren Sorten dem Wismuth, die an Kohle ärmern Sorten dem Antimon näher stehn, hat sich durch spätere Versuche nicht vollkommen bestätigt. Zwischen Nickel und Platin No. 1 finden ihren Platz verschiedene Meteoreisen, welche Seebeck untersucht hat, zwischen Zinn und Platin No. 2. stand das gediegene Eisen von Grofskamsdorf, zwischen Platin und Palladium das gediegene Eisen von Newjersey, endlich zwischen Stahl und Arsenik das Aachner gediegene Eisen, das Meteoreisen aus dem Mailändischen und das gediegene Eisen der Grafschaft Sayn-Altenkirchen. Der Nickelgehalt scheint also dem Meteoreisen seine so nahe Stelle am Wismuthende zu verschaffen.

Alles gediegene Kupfer nimmt mit dem künstlich erzeugten Cämentkupfer (No. 3. der Tafel I.) gleiche Stelle ein. Seebeck wirft dabei die Frage auf, ob nicht dieses ganz gleiche Verhalten alles gediegenen Kupfers auf einen gleichen Ursprung auf nassem Wege hinweise, womit auch das häufige Vorkommen des Eisenoxyds mit dem gediegenen Kupfer wohl übereinstimme. Durch Schmelzen im Thontiegel ohne Zusatz fiel das Cämentkupfer mit dem Kupfer No. 2. zusammen. In

Digitized by Google

der Erregung des Magnetismus zeigten die dehnbaren und streckbaren Metalle, namentlich Gold No. 1., Silber, Kupfer No. 2., Zinn, Blei und Zink, ein gleiches Verhalten, sie mochten im Zustande, wie sie vom Gusse kamen, oder nachdem sie durch Hämmern und Walzen zu einem dichtern Gefüge gebracht waren, mit einander oder mit andern Metallen zur Kette verbunden werden; ihre Stelle, wie sie oben angegeben worden ist, blieb unverändert. Anders verhielten sich diejenigen Metalle, welche durch verschiedene Arten der Abkühlung, durch lan same oder plötzliche Erstarrung, in entgegengesetzte Zustände von Sprödigkeit und Dehnbarkeit versetzt wurden. Stahl, welcher glühend in kaltem Wasser abgekühlt worden, nahm jedesmal eine höhere Stelle (zwischen Platin No. 3. und Kupfer No. 2.) in der magnetischen Reihe ein, als der langsam an der Luft abgekühlte. Weiches graues Roheisen, auf dieselbe Weise behandelt, zeigte ein gleiches Verhalten, langsam abgekühlt, stand es zwischen Messing No. 1. und Blei, schnell abgekühlt zwischen Platin No. 1. und Gold No. 1. Eine Legirung von 78 Theilen Kupfer, 22 Theilen Zinn, welche an der Luft langsam abgekühlt spröde ist und durch plötzliche Abkühlung im Wasser unter dem Hammer streckbarer wird, nimmt im erstern Falle eine höhere Stelle zwischen Zinn und Platin No. 3., nach der jähen Abkühlung eine tiefere Stelle zwischen Kupfer No. 2. und Gold No. 2. ein. Alle diese Körper konnten durch dasselbe Verfahren wiederholt wechselsweise höher oder niedriger gestellt werden. Diese Metalle nahmen also sämmtlich eine höhere Stelle an, wenn sie hart und spröde, eine tiefere, wenn sie weich und streckbar waren.

Auch viele Erze unterwarf Seebeck einer Untersuchung. Den Bleiglanz fand er, wie auch Cumming, noch über dem Wismuth stehn, Schwefelkies, mit und ohne Schwefelkupfer, hat seine Stelle am negativen Ende, das magnetische Schwefeleisen am positiven Ende. Zwischen Wismuth und Nickel liegen zusammengedrängt (gerade so wie in der galvanischen Spannungsreihe am negativen Ende zusammengedrängt zwischen Graphit und Platin), Schwefelkies, Arsenikkies, Speifskobalt, Wismuthtellur, retractorisches Eisenerz; zwischen Nickel und Platin No. 1., Kupferkies, Kupfernickel, Eisenglanz; zwischen

Stabeisen und Antimon Magnetkies und unter Antimon Kupferglanzerz und bunt Kupfererz.

Keine thermomagnetische Erscheinungen wurden erhalten mit Silberglanz (weichem und sprödem), Rothgültigerz, Zinnkies, gelber und brauner Blende, Wismuthglanz, Nadelerz, Rauschgelb, Schwefelmolybdän, Blutstein, Chromeisen, Fahlerz, Graugültigerz, Weifsgültigerz, Titaneisen, Hornsilber, Hornblei und mit allen erdigen, salzartigen und brennbaren, nicht metallischen Mineralien. Diese letztere Reihe von Versuchen bedarf indefs einer Revision, da wir nach einer vollgültigen Analogie annehmen können, dafs alle Mineralien, welche im Leitungsvermögen für Elektricität den Metallen sehr nahe stehn, wohin mehrere von den angeführten Erzen gehören, auch thermomagnetische Thätigkeit äufsern müssen, und die negativen Resultate, welche Seebeck erhielt, können daher ihren Grund nur in der Methode haben, nach welcher derselbe seine Versuche anstellte, indem er sich nie des Multiplicators bediente, durch welchen auch hier, wie wir weiter unten sehn werden, die Wirkung verstärkt werden kann.

Berzelius theilt[1] aus einer schriftlichen Mittheilung Seebeck's Versuche mit, welche dieser über das Verhalten der Flüssigkeiten in der thermomagnetischen Reihe angestellt hat, wodurch er gefunden haben soll, dafs Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure in ihrem concentrirten Zustande ihren Platz über dem östlichsten Metalle, dem Wismuth, und die concentrirten fixen alkalischen Laugen an dem entgegengesetzten Ende unter dem Antimon und Tellur einnehmen. Werden aber die Säuren mit viel Wasser verdünnt, so verändern sie ihren Platz und rücken dem westlichen Ende näher, welches aber mit den kaustischen Alkalien nicht der Fall ist, deren Laugen gleichfalls verdünnt ihren Platz nicht verändern; kaustischer Ammoniak hat seinen Platz mitten in der Reihe, Wasser verhält sich gegen Alkalien wie eine Säure, gegen Säuren wie ein Alkali und nimmt gleichfalls seinen Platz mitten in der Reihe ein. Demnach würde die thermoelektrische Reihe von dem negativen oder östlichen Ende ausgehend mit den concentrirten Säuren beginnen, hierauf Wismuth, und die ihm

1 Vierter Jahresbericht. S. 20.

Digitized by Google

näher gelegenen, mehr östlichen Metalle folgen, in der Mitte das Wasser (und caustisches Ammoniak) sich befinden, dann die mehr westlichen Metalle folgen, die Reihe bis zum Antimon und Tellur fortschreiten und mit den kaustischen fixen Alkalien in concentrirter, so wie in verdünnter Auflösung schliefsen. Der Vollständigkeit wegen und mit Rücksicht auf die Autorität, unter welcher diese Notiz erschienen ist, durfte sie nicht übergangen werden. Es scheint aber hierbei ein Mifsverständnifs zum Grunde zu liegen. Indem nämlich Berzelius hinzufügt: auch v. Yelin hat ähnliche Versuche über das thermoelektrische Verhalten der Flüssigkeiten angestellt, deren Resultate fast mit denen des Dr. Seebeck übereinstimmen, so konnte Berzelius keine andern Versuche im Auge haben, als die bekannten[1], worin das Verhalten eines und desselben Metalls gegen verschiedene Flüssigkeiten, wenn ersteres in zwei mit einander durch einen Zwischenleiter, namentlich durch einen Multiplicator verbundenen Streifen in diese Flüssigkeiten eingetaucht wird, beschrieben ist, mit Nachweisungen des dadurch erzeugten elektrischen Stromes und der dadurch bewirkten östlichen oder westlichen Abweichung der Magnetnadel, wobei sich zwischen den Säuren (mit Ausnahme der Salpetersäure) und den Alkalien ganz der Gegensatz zeigte, dafs beide eine entgegengesetzte Ablenkung mit den Metallen hervorbringen, die also gleichsam in der Mitte zwischen ihnen liegen. Diese Versuche und ohne Zweifel die ganz ähnlichen von Seebeck, gehören aber nicht in die Kategorie derjenigen, von denen bisher die Rede gewesen ist, und die hier erregten elektrischen Ströme sind keine thermoelektrische, welchen Namen nur diejenigen verdienen, welche durch eine Temperaturdifferenz an zwei Stellen eines Bogens hervorgebracht werden, wovon aber in jenen Versuchen gar nicht die Rede ist, sie sind hydroelektrische und hängen von dem verschiedenen elektromotorischen Verhalten des zuerst und zuletzt in die Flüssigkeit eingetauchten Metallstreifens gegen die Flüssigkeit selbst ab. Schon der Umstand, dafs diese Ströme den Leitungswiderstand einer bedeutenden Strecke von Flüssigkeit überwinden, weiset ihnen eine ganz andere Stelle an, den thermoelektrischen Strömen an, die von einer einzelnen

1 G. LXXIII. 365.

Digitized by Google

Combination ausgehend, schon durch die Dunstschicht einer Flüssigkeit isolirt werden.

3) Drei- und mehrgliedrige thermoelektrische Ketten; Anwendung des Multiplicators zur Mafsbestimmung thermoelektrischer Ströme.

Sind drei Metalle mit einander zur Kette verbunden und wird einer der Berührungspuncte künstlich erwärmt, so verhält sich alles ebenso, als wenn die beiden Metalle sich mit ihren beiden andern Endpuncten unmittelbar berührten und der Unterschied in der Stärke der Wirkung hängt dann nur ab von dem etwa gröfseren Leitungswiderstande, den die gröfsere Ausdehnung der Kette und das Eingehn eines weniger gut leitenden Metalls in die Kette mit sich bringt. Dieser allgemeine Erfolg ist nur begreiflich durch ein für die thermoelektrische Spannungsreihe ganz gleiches Gesetz, wie für die galvanische Spannungsreihe, dafs nämlich die Summe der thermoelektrischen Spannungen (oder durch die Wärme erregter elektromotorischer Kräfte) der in der Reihe ihren wechselseitigen thermoelektrischen Verhältnissen gemäfs geordneten Metalle stets gleich ist der Spannung der Endglieder der Reihe, was ebensowohl für die ganze Reihe als für jedes einzelne beliebige Stück der Reihe gilt, ein Gesetz, dessen Gültigkeit weiter unten als Resultat genauer Versuche sich ergeben wird. In Beziehung auf den erwärmten Berührungspunct verhalten sich dann die Metalle in ihren relativ kalten Berührungspuncten, wie wenn das erwärmte Ende des einen Metalls ohne Zwischenkunft des andern sich mit dem andern Ende jenes Metalls in Berührung befände. Es sind nämlich für den oben angegebenen Fall der Erwärmung einer Berührungsstelle drei Fälle möglich. Entweder steht das dritte vermittelnde Metall in der thermomagnetischen Spannungsreihe, wie die Zeichnung Fig. angiebt, zwischen den beiden andern Metallen, wo K Kupfer, 52. A Antimon und B Wismuth bedeutet, C aber die erwärmte Stelle ist, oder das vermittelnde Metall steht oberhalb der beiden Metalle, nach dem Wismuthende hin, wenn a die erwärmte Stelle ist, oder endlich das vermittelnde Metall steht unterhalb der beiden Metalle, deren Berührungsstelle erwärmt

wird, nach dem Antimonende hin, wenn b die erwärmte Stelle ist. In dem ersten Falle addiren sich die thermomagnetischen Strömungen von K und B, und A und K, und die Summe dieser in gleicher Richtung befindlichen Spannungen ist, dem oben aufgestellten Gesetze der Reihe gemäfs, gleich derjenigen, welche die beiden Endglieder in ihrer unmittelbaren Berührung an der kalten Stelle in derselben Richtung erregt haben würden; im zweiten Falle wirken die Spannungen von A und B, und K und B in entgegengesetzter Richtung, und ihre Differenz hat ebendiesem Gesetze gemäfs eine Spannung zur Folge, welche gleich derjenigen von A und K ist und in gleicher Richtung geht, endlich im dritten Falle wirken die einander entgegengesetzten Spannungen von B und A, und A und K gleichfalls mit einer Differenz, welche gleich ist der Spannung von B und K und dieselbe Richtung hat, oder denselben Effect hat, wie wenn sich B und K an ihrer kalten Stelle unmittelbar berührt hätten. Ganz dieselben Sätze lassen sich aufstellen, wenn zwei Berührungsstellen erwärmt worden wären, denn in diesem Falle kann die dritte relativ-kalte Berührungsstelle als das Aequivalent der erwärmten betrachtet werden, und die Summen und Differenzen an den beiden erwärmten Berührungsstellen gelten dann auf die gleiche Art, nur im entgegengesetzten Sinne, und der Effect ist derselbe, wie wenn die beiden nicht unmittelbar in Berührung befindlichen Stellen sich unmittelbar berührten und diese Stelle allein erwärmt wäre. Befindet sich also die Magnetnadel innerhalb des Metallbogens und ist b nach Norden und a nach Süden gerichtet, so weicht dieselbe nach Westen ab, wie c erwärmt wird, dagegen nach Osten, wie a erwärmt wird, und nach Westen, wie b erwärmt wird. Wird c abgekühlt oder, was gleichbedeutend ist, werden a und b erwärmt, so weicht im Gegentheil die Magnetnadel nach Osten ab. Wird a abgekühlt, so weicht die Magnetnadel gleichfalls nach Osten ab; wird endlich b abgekühlt, so weicht die Magnetnadel nach Westen ab. Werden in der dreigliedrigen Kette ABK die beiden Berührungspuncte a und b gleichzeitig erwärmt, so soll nach Seebeck[1] die Polarisation, sofern sie durch die Abweichung der Magnetnadel gemessen wird, stärker seyn, als wenn blofs einer von ihnen erwärmt wird, was

1 Poggendorff Ann. VI. 137.

eine nothwendige Folge sey der vergrößserten Temperaturdifferenz zwischen a und den Puncten c und b. Wenn hier die bloſse Gröſse der Temperaturdifferenz die Ursache der thermoelektrischen Thätigkeit wäre, so würde dieser Unterschied nicht begreiflich seyn, da die Differenz der Gröſse nach ganz gleich ist, ob sie das Resultat der Summe zweier gleich groſser negativen Gröſsen (der niedrigern Temperatur) oder zweier derselben gleicher positiven Gröſsen (der höheren Temperaturen) in Beziehung auf eine und dieselbe Gröſse ist. Der Grund muſs also anderswo gesucht werden, und liegt wohl in der gröſseren Schnelligkeit, mit der die Wärme von hoher Spannung sich von den Puncten a und b nach dem Puncte c, als von einem einzelnen erwärmten Puncte nach den beiden kalten Berührungsstellen fortpflanzt.

Sind mehr als drei Glieder zur Kette verbunden (wovon jedoch der Fall auszunehmen ist, daſs sich Paare von Gliedern wiederholen, welcher nicht mehr zur Kategorie der einfachen Kettenwirkung, sondern zu derjenigen der Säulen-Wirkung gehört, wovon in einem besondern Abschnitte die Rede seyn soll), und wird nur der eine Berührungspunct erwärmt, so ist die Wirkung abermals dieselbe, wie wenn sie sich an den beiden andern Enden unmittelbar berührt hätten, indem vermöge des thermoelektrischen Spannungsgesetzes die Summe der Spannungen der zwischenliegenden Metalle, sofern sie nämlich in derselben Ordnung auf einander folgen, wie diejenige, in welcher sie sich in der thermoelektrischen Reihe ordnen, oder die Differenz aller dieser Spannungen, wenn von dieser Ordnung abgewichen ist, immer gleich ist der Spannung der beiden Metalle an ihrer kalten Berührungsstelle, wenn ihr anderer Berührungspunct erwärmt wird und die Ausdehnung der Kette kann in diesem Falle nur die Intensität der Wirkung, aber nicht ihre Art abändern. Werden mehrere Stellen in einer solchen vier- und mehrgliedrigen Kette erwärmt, so sind die Wirkungen gleich den Summen oder Differenzen der Wirkungen, die von den erwärmten Stellen abhängen, je nachdem die thermomagnetischen Richtungen von diesen Stellen aus in gleicher oder entgegengesetzter Richtung gehn.

Auf diese Weise erhält man ein leichtes und bequemes Mittel, auch sehr schwache thermoelektrische Ströme und auch

Digitized by Google

mit Metallen, Erzen u. s. w., die nur in einzelnen Körnern zu Gebote stehn, mit denen man keinen eigentlichen Bogen zu Stande bringen und auf die Magnetnadel innerhalb oder oberhalb oder unter demselben wirken lassen kann, sichtbar zu machen, indem auch hier durch den Durchgang des thermoelektrischen Stromes durch die Windungen eines Multiplicators die Wirkung auf die einfache oder Doppelnadel verstärkt wird. Inzwischen ist nicht jeder Multiplicator gleich brauchbar zu diesem Zwecke, und Multiplicatoren, welche die Wirkung hydroelektrischer Ströme noch sehr verstärkt darstellen, können vielmehr die des thermoelektrischen Stromes schwächen. Es kommt nämlich der grofse Leitungswiderstand hierbei in Betracht, welcher mit der Zahl der Windungen und der Feinheit der Drähte des Multiplicators zunimmt. In Beziehung auf den Leitungswiderstand, der durch den feuchten Leiter in der hydroelektrischen Kette bereits statt findet, ist dieser Zuwachs von Leitungswiderstand auch bei einer grofsen Anzahl von Windungen unbedeutend, gegen den ursprünglichen Leitungswiderstand in der thermoelektrischen Kette, die aus den besten Leitern zusammengesetzt ist, hat aber dieser neu hinzugekommene Leitungswiderstand ein sehr grofses Verhältnifs und schwächt demnach die Intensität des thermoelektrischen Stromes in einem viel höheren Grade, als die des hydroelektrischen. Indefs sind die Aussagen der Physiker in dieser Hinsicht nicht ganz mit einander übereinstimmend. Die meisten empfehlen, um diesen Leitungswiderstand zu vermindern, Kupferdraht von gröfserer Dicke, und von einer nur geringen Anzahl von Windungen, die parallel neben einander über passende isolirende Stützen geschlungen sind. Dafs Fourier und Oersted in ihren Versuchen nicht nur keine verstärkte, sondern überall keine Wirkung thermoelektrischer Ketten vermittelst des Multiplicators beobachten konnten, kann seinen Grund nur darin gehabt haben, dafs sie einen Multiplicator von zu vielen Windungen und von zu feinem Drahte angewandt haben. Nobili[1] bemerkt ausdrücklich durch Erfahrung gefunden zu haben, dafs die Galvanometer, welche für die hydroelektrischen Ströme die empfindlichsten sind, die-

---

1 Ann. de Chimie. T. XXXVIII. p. 229. Schweigger's Journ. N. R. T. XV.

sen Nutzen nicht für thermoelektrische Ströme leisten, welche vielmehr einen Galvanometer von dickem Drahte und wenigen Windungen erfordern. Colladon[1] erhielt von einem einzigen thermoelektrischen Elemente bei Anwendung eines Multiplicators von 100 Windungen eine starke Ablenkung der Magnetnadel, während ein Multiplicator von 500 Windungen auch bei der stärksten Temperaturdifferenz ihm keine Spur von Wirkung zeigte. Becquerel bediente sich bei seinen Versuchen eines Multiplicators von drei oder mehreren parallel neben einander aufgewundenen Drähten. Ohm[2] erhielt mit einer Nobili'schen Doppelnadel mit Zuziehung eines aus einer Linie dicken Kupferdrahte verfertigten Multiplicators von 60 Windungen, die 2,5 Zoll im Durchmesser hatten, durch Berührung einer Wismuthkupferkette mit der warmen Hand Abweichungen, die nie über 20° gingen, während dieselbe Kette, wenn sie als eine Windung von gleicher Gröſse mit denen des Multiplicators, für sich allein angewandt wurde, gleichfalls nur bei Berührung mit der warmen Hand, jene Nadel unter einem Winkel einspielen machte, der 70° stets übertraf. Ohm[3] weist überhaupt durch die Theorie des Multiplicators den Grund nach, warum der Multiplicator in den meisten Fällen die Wirkung der thermoelektrischen Kette, statt zu verstärken vielmehr schwäche, weil nämlich nicht leicht der Fall eintreten werde, wo eine Windung des Multiplicators dem elektrischen Strome weniger Widerstand darbieten werde, als die Kette selbst, welches doch die unerläſsliche Bedingung für diese Art der Verstärkung sey. In einem scheinbar sehr auffallenden Widerspruche damit stehn die Versuche von Nörrenberg[4]. Sein Multiplicator enthielt 180 Windungen aus versilbertem Kupferdrahte Nr. 12 von nur 0,1 Linie Dicke, die Magnetnadel 2′ 9″ lang, bestanden aus Stücken einer gerade gezogenen $1\frac{1}{6}$ Lin. breiten Uhrfeder, welche an einem 1 Z. 7 Lin. langen 0,5 Lin. dicken Strohhalm steckten, der selbst an einem 11 Z. langen Coconfaden hing. Dieses Galvanometer war trotz der groſsen Länge von mehr als 240 Fuſs des Drahtes

---

1 Schweigger's Journ. N. R. Th. XVIII. S. 287.

2 Schweigger's Journ. Th. XVI. S. 166.

3 A. a. O. S. 162 fg.

4 Zeitschrift von Baumgartner und von Ettingshausen. Th. III. 3. Hft., vergl. Schweigger's Journ. N. R. Th. XXII. S. 286.

und der grofsen Feinheit desselben so empfindlich für thermoelektrische Ströme, dafs Nörrenberg, als er zwischen die Enden des Multiplicators ein Kettchen hing, dessen zwei Zoll lange, blofs in einander gehängte Glieder abwechselnd aus gleich dicken Platin- und Eisendrähten (Claviersaiten Nr. 4.) bestanden, wenn die Temperatur der Luft 18° und die der Fingerspitzen 28° betrug, eine constante Ablenkung von 7°,5 erhielt, und wenn er ein zweites gleichliegendes Glied anfafste, die Ablenkung verdoppelt wurde. Selbst wenn man statt des Kettchens nur einen zwei Zoll langen Platindraht einhing, und eine der Verbindungsstellen zwischen die Finger nahm, wurde bei dieser geringen Temperaturdifferenz doch noch eine Ablenkung von 3°,5 erhalten. Eine höchst schwache hydroelektrische Kette aus eben jenen Drähten von Platin und Claviersaite Nr. 4., die 2 Z. in blofses destillirtes Wasser tauchten, brachte durch Hülfe dieses Multiplicators doch schon eine Ablenkung von 12° hervor.

Becquerel hat den Multiplicator auf eine sehr sinnreiche Art angewandt, um die verschiedene Stärke des thermoelektrischen Stroms durch verschiedene Metallcombinationen bei gleicher Temperaturdifferenz auf genaue Zahlenwerthe zurückzuführen, und überhaupt in diese Untersuchung Mafsbestimmungen einzuführen. Zuvörderst richtete er sich einen Multiplicator zu, bei welchem die Abweichungen der Magnetnadel mit der gröfsten Genauigkeit in Zahlenwerthen die Intensitäten der elektrischen Ströme angaben. Er nahm Kupferdrähte von ganz gleicher Länge und Dicke, die um die Magnetnadel parallel neben einander geschlungen wurden. Indem er dann nach der Reihe ganz gleiche elektrische Ströme erst durch einen, dann durch zwei, drei, vier u. s. w. dieser Drähte stömen liefs, welche in dieser Folgenreihe gemeinschaftlich wirkend eine stärkere und stärkere Wirkung auf die Magnetnadel ausübten, so waren die Ablenkungen der Magnetnadel jedesmal streng den Mengen der durchströmenden Elektricität proportional und also auch den Intensitäten der elektrischen Ströme, welche durch den gleichen, um diese Magnetnadel geschlungenen Multiplicator strömen, da diese Intensitäten den Mengen, welche in gleicher Zeit durchströmen, proportional sind. Ganz gleiche elektrische Ströme verschaffte er sich dadurch, dafs er an die beiden Enden jedes Kupfer-

Digitized by Google

drahtes einen ganz gleich beschaffenen und ganz gleich langen Platindraht löthete, und die eine Löthstelle in schmelzendes Eis tauchte, um sie auf die constante Temperatur von 0° zu bringen, die andere Löthstelle dagegen in einer unten zugeschmolzenen Glasröhre in einem Quecksilberbade auf einer constanten höheren Temperatur erhielt, die durch ein Thermometer ausgemittelt wurde, welches mit jener Glasröhre in Gröfse und Gestalt möglichst übereinkam. Becquerel theilt die auf solche Weise gefundene Tabelle der Ablenkungen und der ihnen entsprechenden Intensitäten des Stromes für eine Reihe von Temperaturdifferenzen mit. Die Art der Bestimmung der Intensitäten in vergleichbaren Zahlenwerthen wird aus folgendem Beispiele erhellen. Fand er z. B. bei einer Temperaturdifferenz der beiden Löthstellen von nur 5° C., wenn nur in einer Drahtumschlingung der elektrische Strom erregt wurde, eine Ablenkung der Nadel = 0°,65, und bezeichnet man die entsprechende Intensität mit 1, so zeigt die Ablenkung von 1°,3, wenn zwei Drahtwindungen durchströmt werden, eine Intensität = 2, die Ablenkung von 1°,93, wenn drei Drahtwindungen zur Wirkung gezogen werden, eine Intensität = 3 endlich eine Ablenkung von 2°,6 bei gleichzeitiger Anwendung von 4 Drahtwindungen eine Intensität = 4. Wurde dann z. B. die Temperaturdifferenz auf 10° C. erhöht und bei Anwendung einer Drahtwindung eine Ablenkung von 1°,3 erhalten, so war daraus sogleich abzunehmen, dafs durch die Erhöhung der Temperatur um das Doppelte auch die Intensität des Stromes um das Doppelte gestiegen war, da nach der ersten Reihe von Versuchen gerade diese Ablenkung durch den doppelten Strom, nämlich bei der Anwendung zweier Drahtwindungen, durch deren jede der gleiche Strom durchgegangen war, erhalten wurde, und man übersieht hiernach leicht, dafs auf diese Weise das Gesetz für das Verhältnifs der Zunahme der Intensität zur Zunahme der Temperatur bestimmt werden konnte.

Um die thermoelektrische Kraft der verschiedenen Metallcombinationen ihrer Stärke nach mit einander vergleichen zu können, war es nicht hinreichend, die verschiedenen Metalle von gleicher Länge und sonstigen gleichen Dimensionen in Form von Streifen oder Drähten zu nehmen und die Lothstellen auf eine gleiche Temperaturdifferenz zu bringen, indem

man z. B. die zwei Löthstellen mit den Enden des Multiplicators auf der gleichen Temperatur von 0° C. erhielt und die dritte Löthstelle zwischen den zunächst zu untersuchenden Metallen auf die oben angegebene Weise auf die gleiche Temperatur erhöhte, denn in diesem Falle wurde die thermoelektrische Wirkung durch das verschiedene Leitungsvermögen mit afficirt, indem der Strom in allen Fällen ein Product aus dem Leitungsvermögen in die thermoelektrische Kraft ist oder durch einen Quotienten dargestellt wird, dessen Nenner der Leitungswiderstand, der Zähler die thermoelektrische Kraft ist, sondern es mufsten die Umstände so eingerichtet werden, dafs in allen Fällen die gleiche Leitung oder der gleiche Leitungswiderstand gegeben war. Zu diesem Behuf stellte BECQUEREL seine Versuche mit einer Kettenverbindung von Drähten von allen Metallen, welche in diese Form gebracht werden konnten, von gleicher Länge und Dicke an, wie sie
Fig. 53. durch die Zeichnung versinnlicht wird. Indem der thermoelektrische Strom in allen Fällen genöthigt ist, durch denselben Umkreis zu circuliren, so findet für jede Combination stets der gleiche Leitungswiderstand statt und die Intensität des Stromes ist dann blofs eine Function der verschiedenen thermoelektrischen Thätigkeit jeder einzelnen Combination. Die Löthstelle, welche in Rücksicht auf diese letztere untersucht werden sollte, wurde in allen Fällen auf die gleiche höhere Temperatur gebracht, während alle übrige Löthstellen im schmelzenden Eise auf 0° erhalten wurden. Nachfolgende Tafel giebt die Uebersicht der Resultate, welche mit einer Kettenverbindung von Drähten von acht verschiedenen Metallen von einer Länge von 2 Decimetern und einer Dicke von einem halben Millimeter, die mit ihren Enden sorgfältig an einander gelöthet waren, durch Hülfe eines auf die oben angegebene Weise regulirten Multiplicators von kurzer Drahtlänge erhalten wurden.

Metalle.	Temperatur d. Löthstelle, welche d. Versuchen unterworfen wurde.	Abweichung der Magnetnadel.	Entsprechende Intensität des elektrischen Stromes.
Eisen und Zinn	+ 20	36°,50	31°,24
Kupfer und Blei	dito	16,00	8,55
Eisen und Kupfer	dito	34,52	27,96
Silber und Kupfer	dito	4,0	2,00
Eisen und Silber	dito	39,00	26,20
Eisen und Platin	dito	7,00	36,07
Kupfer und Zinn	dito	2,00	3,50
Zink und Kupfer	dito	1,00	1,00
Silber und Gold.	dito	0,50	0,50

Vergleicht man diese verschiedenen Intensitäten, so findet man, dafs mit Rücksicht auf die Ordnung, in welcher die Metalle in der thermomagnetischen Reihe auf einander folgen, jedes Metall ein solches thermoelektrisches Vermögen erlangt, dafs die Intensität des an der Löthstelle zweier Metalle erzeugten thermoelektrischen Stromes gleich ist dem Unterschiede der Quantitäten, welche jede dieser Actionen in jedem Metalle darstellt. Bezeichnet man dieses thermoelektrische Vermögen durch p, so findet man für die Wirkung der Löthstelle Eisen und Kupfer: p Eisen — p Kupfer = 27,96, für Eisen und Platin: p Eisen — p Platin = 36,07. Zieht man den ersten Ausdruck von dem zweiten ab, so hat man p Kupfer — p Platin = 8,11 statt 8,55, welches der wirkliche Versuch giebt, die Löthstelle Eisen und Zinn gab 31,24, die von Kupfer und Zinn 3,50. Der Unterschied Eisen und Kupfer ist demnach 27,74, welches von dem durch den Versuch erhaltenen 27,96 gleichfalls nur wenig abweicht. Ebenso giebt die Löthstelle Eisen und Silber 26,20; Eisen und Kupfer 27,96. Der Unterschied beider giebt für die Löthstelle Silber und Kupfer 1,76, welches der durch den Versuch gefundenen Gröfse sehr nahe kommt. Ordnet man die Metalle so, wie sie in der thermomagnetischen Reihe auf einander folgen, indem man von den am meisten positiven Metallen ausgeht, und stellt man den Zahlendraht für die Intensität des Stromes, den je zwei auf ein-

Digitized by Google

ander in der Reihe folgende Metalle mit einander geben, hin so erhält man nachfolgende Reihenfolge; Eisen — Silber 26,20; Gold 0,5; Zink 0,26; Kupfer 1,0; Zinn 4,28; Platin 4,76.

Hieraus ergiebt sich eine merkwürdige Uebereinstimmung des Spannungsgesetzes der thermoelektrischen Reihe mit der gewöhnlichen Galvanischen, indem auch in jener wie in dieser, die thermoelektrische Spannung, welche je zwei Glieder der Reihe mit einander geben, gleich ist der Summe der thermoelektrischen Spannungen oder Thätigkeiten der zwischenliegenden Glieder, und ebenso die thermoelektrische Spannung oder Thätigkeit der Endglieder gleich ist der Summe der Spannungen aller zwischen befindlichen Glieder. So ist also die thermoelektrische Spannung von Eisen und Platin = 36, welches gleich ist der Summe der Spannungen von Eisen und Silber, Silber und Gold, Gold und Zink, Zink und Kupfer, Kupfer und Zinn, Zinn und Platin, die thermoelektrische Spannung von Silber und Zinn gleich der Summe der Spannungen von Silber und Gold, Gold und Zink, Zink und Kupfer, Kupfer und Zinn u. s. w. Dafs die Reihe sogleich mit dem grofsen Werthe von 26,20 beginnt, beweiset, dafs zwischen Eisen und Silber noch viele andere Metalle in der Mitte liegen, wie denn auch Stahl, Graphit, Kohle, Cadmium und Wolfram dazwischen fallen. Uebrigens weicht diese von Becquerel aufgestellte Reihe von derjenigen Seebeck's und Cumming's ab, indem Silber und Gold nach diesen Letzteren unter dem Zink stehn. Eine andere Legirung kann dem Golde diese höhere Stellung verschafft haben, indem auch Seebeck einen sehr grofsen Unterschied zwischen den verschiedenen Sorten Gold gefunden hat.

4) Thermoelektrische Kreise aus einem einzigen Metalle.

Auch Kreise aus einem einzigen Metalle, wenn verschiedene Stellen desselben auf eine ungleiche Temperatur gebracht werden, zeigen ganz analoge magnetische Erscheinungen, wie die zwei- und mehrgliedrigen Ketten. Auch hierüber hat Seebeck die ersten Versuche angestellt. Er fand nämlich, dafs die in der obigen Tabelle angeführten Platin-, Gold- und Kupfersorten magnetisch polarisirt wurden, wenn

ihrer zwei von gleichnamiger Art in Form von Stangen oder Blechstreifen mit einander verbunden wurden, wo dann schon eine mäfsige Erwärmung einer der Berührungsstellen eine nicht unbedeutende Polarität erregte, sondern die meisten dieser Metalle wurden auch dann noch magnetisch polar, als sie einfache und durchaus gleichartige Kreise bildeten, wenn ein Theil derselben in der Temperatur erhöht oder erniedrigt wurde. Auch andere von den in der obigen ersten Tabelle angeführten Metallen, die zu den homogensten gerechnet werden konnten, zeigten ein gleiches Verhalten; doch war, um eine gleich intensive Polarisation, wie in Ketten aus zwei Gliedern hervorzurufen, stets eine viel stärkere Erhitzung einer der Stellen des Kreises erforderlich. Am stärksten wurde die Ablenkung der Magnetnadel, wenn das eine Ende des sie umschliefsenden Bogens in das theilweise zum Schmelzen gebrachte Metall getaucht oder mit dem glühend gemachten Ende in Berührung gebracht wurde. Brachte er zuerst das untere Ende des aus durch Cupellation gereinigten Silbers bestehenden, die Magnetnadel umschliefsenden Bogens in das im Süden stehende ganz gleichartige geschmolzene Metall, und nachher das obere, so erfolgte eine östliche Ablenkung der Magnetnadel. Wurde dagegen das obere Ende zuerst und das untere zuletzt hineingebracht, so erfolgte eine westliche Ablenkung. Vollkommen in Ruhe blieb aber die Nadel, wenn die beiden kalten Enden des Bogens zugleich in das fliefsende Metall gebracht wurden. Eine ganz ähnliche, nur schwächere, Wirkung fand statt, wenn das Metall schon im Tiegel erstarrt war und aufgehört hatte zu glühn, wenn nur das eine Ende des Bogens mit dem heifsen Metall längere Zeit in Berührung blieb als das andere. Legt man hierbei die Theorie elektrischer Ströme zum Grunde, so deutete die Art der Ablenkung der Magnetnadel an, dafs jedesmal der elektrische Strom aus dem heifseren in das relativ kältere Ende überging oder das fliefsende Metall sich als negativ elektrisch verhielt. Bei gleichem Uebergange der Wärme in die beiden gleich kalten Enden mufsten sich die entstandenen thermoelektrischen Ströme im Gleichgewichte halten, oder es kam zu keinem wirklichen Kreislaufe der Elektricität. Ein ganz gleiches Verhalten zeigte unter gleichen Umständen Zink und Cadmium. Entgegengesetzte Ablenkungen der Magnetnadel unter

gleichen Umständen gaben aber Platin Nr. 1., Kupfer Nr. 1 und Messing Nr. 2.

Folgende Tafel 1 giebt eine Uebersicht des Verhaltens der Magnetnadel innerhalb solcher einfacher Bogen, wenn die Enden derselben im Süden lagen, und das obere Ende das heifsere war, der Versuch also wie der erste Versuch mit dem Silber angestellt wurde.

1) Wismuth	schwach, östlich.
2) Nickel	ziemlich lebhaft östlich.
3) Legirung aus Kupfer 2 Theilen, Nickel 1 Theil	sehr schwach östlich.
4) Palladium	stark östlich.
5) Platin Nr. 1.	stark östlich.
6) Kupfer Nr. 0.	ungleich sowohl östlich als westlich
11) Gold Nr. 1.	zuerst östlich, stärker erhitzt westlich.
12) Kupfer Nr. 1.	östlich.
13) Messing Nr. 2.	zuerst östlich, stärker erhitzt westlich.
16) Blei	Null.
17) Zinn	Null.
18) Platin Nr. 3.	sehr schwach östlich.
21) Kupfer Nr. 2.	stärker östlich.
24) Gold Nr. 2.	stark westlich.
25) Silber	— —
26) Zink	— —
29) Platin Nr. 4.	Null.
30) Cadmium	stark westlich.
31) Stahl	schwach westlich.
32) Stabeisen	schwach westlich.
34) Antimon	ungleich, in einigen Fällen westlich in andern östlich.

In Betreff des Antimons und Wismuths bemerkt Seebeck, dafs sie in Rücksicht auf ihre Sprödigkeit nicht wohl als einfache Bogen betrachtet werden können.

Wie schon in der geschichtlichen Einleitung bemerkt

1 Die Zahlen beziehn sich auf die Nummern der ersten thermomagnetischen Reihe.

Digitized by Google

wurde, hat von Yelin[1] ohne von Seebeck's Versuchen derselben Art unterrichtet zu seyn, an einem einfachen Kupferbogen (einem in Form eines Rechtecks gebogenen Kupferstreifen) diese Erscheinungen wahrgenommen und durch mannigfaltige Abänderung der Versuche, indem das durch eine Weingeistlampe erhitzte Eck des Rechtecks bald im Süden, bald im Norden, bald oberhalb, bald unterhalb sich befand, auch die Magnetnadel bald innerhalb des Bogens, bald über, bald unter denselben gebracht wurde, durch die Art der Ablenkung der Magnetnadel, sofern dieselbe als Wirkung eines elektrischen Stromes betrachtet wird, das gleiche Resultat erhalten, dafs der (positive) elektrische Strom von der erwärmtern Stelle sich nach der kälteren bewegte. Am einfachsten lassen sich diese Versuche mit Hülfe des Multiplicators anstellen, wie dieses namentlich von Nobili geschehn ist[2]. Bedient man sich eines Multiplicators von Kupferdraht, und macht das eine Ende desselben rothglühend und drückt dasselbe genau auf das andere kalte Ende, so zeigt die Abweichung der Magnetnadel sogleich die Entstehung eines elektrischen Stromes an, welcher seine Richtung von dem heifsen nach dem kalten Ende nimmt. Ganz ebenso verhält sich ein Silberdraht, aus welchem man den Multiplicator verfertigt hat. Aehnliche Versuche kann man auch mit andern Metallen anstellen, wenn man ganz gleich beschaffene Drähte derselben mit den beiden Enden des Multiplicators verbindet, das eine Ende über einer Weingeistlampe stark erhitzt und an das andere kalte Ende andrückt. Nach dem oben Angeführten verhalten sich die beiden kalten Enden, die mit den Drahtenden des Multiplicators von gleicher Temperatur verbunden sind, wie wenn sie sich unmittelbar berührten, und man hat also in diesen Versuchen gleichsam einen Bogen nur von einem Metalle.

Die Metalle zeigen sich auch bei dieser Art zu experimentiren, verschieden sowohl in Hinsicht der Stärke als auch der Richtung des so erregten elektrischen Stromes, sofern die Ablenkung der Magnetnadel das Mafs dafür ist, mit Beziehung auf die erhitzte Stelle. In letzterer Hinsicht theilen sich die

1 G. LXXIII. 452.
2 Schweigger's Journ. Neue Reihe Th. XXIII. S. 266.

Digitized by Google

Metalle nach NOBILI's Versuchen in zwei Classen. Bei der einen geht der (positive) elektrische Strom von der erhitzten nach der kalten Stelle, bei der andern Classe in entgegengesetzter Richtung von der kalten nach der erhitzten Stelle. Zu der ersten gehören namentlich Wismuth, Silber, Platin, Kupfer, Messing, Gold, Zinn, Blei; zur zweiten Zink, Eisen und Antimon. In dieser Hinsicht stimmen NOBILI's Versuche nicht mit denen von SEEBECK überein, welcher für Zink dieselbe Art der Ablenkung, wie für Gold und Silber erhielt; indefs kann diese Verschiedenheit des Erfolgs von der Verschiedenheit der Temperatur abgehangen haben, bei welcher beide Physiker operirten, indem nach Verschiedenheit der Temperaturdifferenz dieselben Metalle entgegengesetzte Ströme geben, wie auch SEEBECK ausdrücklich bei Messing Nr. 2 beobachtet hat.

In Rücksicht auf die Stärke des Stroms, welche die Metalle bei gleicher Temperaturdifferenz geben, fand auch NOBILI Zinn und Blei, von welchen SEEBECK gar keine Wirkung erhielt, am schwächsten wirkend. Darf man v. YELIN's Versuche über den Thermomagnetismus der einzelnen Metallstangen, von denen bald die Rede seyn wird, auf das Verhalten der Metalle in geschlossenen Ketten anwenden, wozu aller Grund ist, da ja dieselbe Ursache in beiden Fällen sich thätig beweiset, so ordnen sich die Metalle in Absicht auf die Intensität des in ihnen erzeugten elektrischen Stromes in folgende Reihe:

Wismuth (das stärkste), Antimon, Zink, Silber, Platin, Kupfer, Messing, Gold, Zinn, Blei.

Für die Wirkungsart der Wärme bei diesen Erscheinungen und für den Einflufs der Art der Fortpflanzung derselben sind einige hierher gehörige Versuche BECQUEREL's nicht ohne Interesse. Wurde ein Platindraht mit seinen beiden Enden mit den Enden des Multiplicatordrahtes verbunden, und derselbe, sofern er nur als ein Continuum wirkte, an irgend einem Puncte durch die Flamme einer Weingeistlampe erhitzt, so blieb die Nadel vollkommen in Ruhe. Rollt man aber den Platindraht an irgend einer Stelle zur Spirale auf, wie die
Fig. 54. Zeichnung darstellt, und erhitzt man f, so wird die Nadel des mit dem Platindrahte verbundenen Multiplicators so abgelenkt, wie wenn ein (positiver) elektrischer Strom in der Richtung

Digitized by Google

nach der Spirale und sofort nach a bewegt würde. Hakt man zwei Kupferdrähte zusammen, deren andere Enden mit den Enden des Multiplicators zusammengelöthet sind, und erhitzt man z. B. links von der Stelle des Zusammenhakens in a, so geht der (positive) elektrische Strom nach der linken Seite nach b, umgekehrt verhält sich die Sache, wenn man rechts bei b erwärmt; es überziehn sich hierbei die beiden Enden des Kupferdrahtes mit einer dünnen Schicht von Kupferoxyd, welche der Fortpflanzung der Wärme nach der einen oder andern Seite Widerstand leisten sollen. Fig. 55.

Noch verdienen die Versuche des Americaners Emmet hier eine Erwähnung, indem sie von den bisherigen darin abweichen, dafs er Scheiben von Metall und zwar heifse auf kalte oder auch heifse auf heifse legte und durch Hülfe eines Multiplicators, dessen Enden mit den Scheiben in Verbindung standen, die Richtung und Stärke des dadurch erregten thermoelektrischen Stromes durch die Abweichung der Magnetnadel bestimmte. Die gröfste Zahl seiner Versuche bezog sich auf das Verhalten zweier heterogener Metallscheiben, die auf diese Weise mit einander combinirt wurden; zugleich stellte er aber auch Versuche über das Verhalten homogener Metallplatten mit einander an. Auch er fand, wie Nobili, dafs sich in Rücksicht auf ihr Verhalten die Metalle in 2 Gruppen theilten. Bei der einen bewegt sich der (positive) elektrische Strom in einer Richtung mit der Wärme, beide Ströme sind gleichlaufend, d. h. der Strom geht von dem warmen nach dem kalten Metalle. Diese Metalle nennt Emmet negative Metalle, weil sie bei der Erwärmung ein Bestreben zeigen, (positive) Elektricität abzugeben; sie sind Platin, Gold, Silber, Kupfer und Nickel, bei den andern gehn die beiden Ströme in entgegengesetzter Richtung, d. h. der (positive) elektrische Strom geht vielmehr von dem kalten Metalle nach dem heifsen; Emmet nennt sie positive Metalle, und es gehören dahin Zinn, Blei, Zink, Eisen, Messing, Arsenik, Antimon und Wismuth.

Diese Folgenreihe scheint auch diejenige der Stärke der thermoelektrischen Action zu seyn, wobei das schwächste Metall den Anfang macht. Dabei bemerkt Emmet noch, dafs die Metalle für alle Temperaturdifferenzen in ihrem Verhalten gleich bleiben.

In den bisher mitgetheilten Versuchen über das thermoelektrische Verhalten von einerlei Metall waren die Metalle nicht als ein Continuum in Anordnung gebracht; es zeigen sich aber unter der angegebenen Bedingung der Temperaturdifferenz, auch bei Kreisen, die ein wahres Continuum darstellen, deren Metalle durch einen Gufs in diese Form gebracht sind, thermomagnetische Strömungen, doch gilt dieses vorzüglich nur für diejenigen Metalle, die durch ein krystallinisches (blättriges) Gefüge sich auszeichnen, insbesondere von Antimon und Wismuth. Auch hierüber hat Seebeck die ersten Versuche angestellt. Rahmen und Ringe vom besten im Handel vorkommenden Antimon gaben, an einzelnen Stellen erwärmt, sehr starke magnetische Polarisation, an andern Stellen eine schwache oder gar keine. So z. B. war die Polarität an einem 0,5 Z. dicken und 6 Z. im Durchmesser haltenden Ringe von Antimon die Polarität am stärksten, wenn a und b allein erwärmt wurden, dagegen fehlte jede Spur derselben, wenn c oder d erwärmt wurden; bei Erwärmung eines zwischen a und b liegenden Punctes war die Polarisation verhältnifsmäfsig um so stärker, je näher er a oder b, und um so schwächer, je näher er c oder d lag. Bei gleichzeitiger und gleich starker Erwärmung von a und b blieb alle Polarisation aus. Es ging hieraus hervor, dafs dieser scheinbar homogene Ring aus zwei ungleichen, einander entgegengesetzten Hälften bestand, die, wie auch weitere Versuche bestätigten, sich als heterogene Metalle gegen einander verhielten, nämlich acb als ein westliches (positives) und adb als ein östliches (negatives) Metall der thermomagnetischen Reihe. In einem andern Ringe hatten die vier Hauptpuncte eine andere Lage gegen einander und gegen den Eingufspunct, der im vorigen Falle sich in a befand. Auch in rectangulären Rahmen war die Lage dieser Puncte der in andern nicht völlig gleich, doch bestanden alle diese Körper aus zwei einander entgegengesetzten, meistens aber ungleichen Hälften. Ganz ebenso verhielten sich Ringe und Rahmen aus käuflichem Wismuth. In einem solchen Ringe lagen die beiden die stärkste Polarität erregenden Puncte in a und b, einander beinahe diametral gegenüber in gleichen Abständen von der Eingufsstelle g. Die Hälfte acb verhielt sich als westliches, die Hälfte adb als östliches Metall. Dieses Verhalten liefs

Fig. 56.

Fig. 57.

sich aus einer Trennung des selbst nicht ganz homogenen Metalles in zwei ziemlich regelmäfsig vertheilte ungleiche Metallmischungen erklären. Diesemnach war eine noch gröfsere Wirkung von ähnlichen Apparaten aus künstlich gemachten Legirungen zu erwarten. Ein Versuch mit einem aus einer Mischung von 8 Theilen Antimon mit 3 Theilen Zink gegossenen rectangulären Rahmen gab ein dieser Ansicht günstiges Resultat. Denn wenn die Abweichung der Magnetnadel in einem Rahmen von Antimon, welcher mit diesem letztern gleiche Gröfse hatte und gleich stark an dem günstigsten Puncte erwärmt wurde, nur 2°, höchstens 3° betrug, so stieg sie in diesem bis auf 10°, war aber bei Erwärmung anderer Puncte gleichfalls Null.

In einem gegossenen Rahmen aus Messing war nicht eine Spur magnetischer Polarisation bemerklich zu machen. In dehnbaren und schwerflüssigen Legirungen scheint sich überhaupt jene zur Erregung einer magnetischen Polarisation erforderliche Heterogeneität verschiedener Stellen nicht zu bilden, wie in spröden und leicht flüssigen Legirungen. Spätere Untersuchungen lehrten jedoch, dafs eine Heterogeneität blofs im krystallinischen Gefüge, zunächst nur abhängig von der mehr langsamen oder schnellen Abkühlung, der eigentliche Grund jenes Verhaltens von Ringen, Rahmen u. s. w. sey, wie wenn sie aus zwei heterogenen Metallen zusammengesetzt wären. Als nämlich jener Antimonring zerbrochen wurde, zeigten sich jene zwei Hälften, die sich wie positives und negatives Metall gegen einander verhalten hatten, in ihrem krystallinischen Gefüge wesentlich verschieden, die östliche Hälfte zeigte ein feinkörniges Gefüge, die westliche ein sternförmig-strahliges. Dieses verschiedene Verhalten hängt von der verschiednen Art der Abkühlung ab; das durch schnelle Abkühlung erstarrte Antimon nimmt stets ein feinkörniges, das sich langsam abkühlende ein strahlig-sternförmiges Gefüge an. Daher Stangen von Antimon, die in aufrechte Formen, besonders in kalte Formen von Eisen gegossen werden, an ihrem untern Ende feinkörnig, an ihrem obern Ende strahlig-sternförmig erscheinen. Zwei solche Stangen mit ihren Enden von jenem verschiedenen krystallinischen Gefüge zusammengebracht, an dieser Berührungsstelle erwärmt, und mit ihren beiden andern Enden zur Kette geschlossen, zeigen eine auffal-

fende magnetische Polarisation, und zwar stand das feinkörnige Ende im Osten, das sternförmig-strahlige im Westen, wenn der untere Berührungspunct erwärmt wurde und der Nordpol der Kette nach Norden gerichtet war. Uebrigens verhielten sich beide Enden mit Arsenik und Tellur auf gleiche Weise, wie sie auch mit denselben verbunden seyn mochten. Beim Ringe aus Wismuth und aus jener Legirung, aus Antimon und Zink, war indefs keine solche Verschiedenheit in dem krystallinischen Gefüge der beiden Hälften zu unterscheiden.

Hierher gehört auch Emmet's Beobachtung, welcher fand, dafs Scheiben von Antimon und Arsenik bis zu einem gewissen Grade erhitzt, und mit andern Metallen berührt, an nahe bei einander liegenden Stellen der Oberfläche beide elektrische Ströme abgaben, ohne dafs eine andere Ursache, als eine Verschiedenheit der Krystallisation an diesen auf eine entgegengesetzte Weise wirkenden Theilen der Oberfläche anzunehmen war. Diese verschiedenen Ströme an verschiedenen Stellen derselben Oberfläche hörten aber bei verschiedenen Temperaturen auf, je nach Verschiedenheit des berührenden Metalls, z. B. wenn eine heifse Antimonstange von Silber berührt wurde bei 280° F., für Gold bei 90° F. u. s. w.

Seebeck's Versuche mit Ringen, viereckigen Rahmen u. s. w. von Wismuth und Antimon sind später von dem Engländer Sturgeon[1] mit vieler Sorgfalt wiederholt und ganz ähnliche Resultate erhalten worden. Wir heben einige neue Beobachtungen hervor. Erhitzt man ein gegossenes Rechteck von Wismuth, und untersucht man stellenweise dessen magnetische Kraft, so trifft man auf Stellen, die öfters einen grofsen Theil einer Seite einnehmen, zuweilen aber auch ganz schmal sind, durch deren Erhitzung nicht die geringste magnetische Polarisation in dem Vierecke erregt wird. Eine solche Stelle ist stets der Punct, wo die metallische Masse in die Form gegossen wurde. Sonst zeigt sich aber nichts Constantes über die Lage dieser neutralen Puncte, indem Sturgeon sie bald in den Ecken des Rechtecks, bald an den Seiten desselben fand. Erhitzt man seitwärts von einem solchen

1 Philos. Magazine T. X. p. 116. Becquerel's Traité cet. T. II p. 41.

Digitized by Google

neutralen Puncte, so findet magnetische Polarisation statt, die Magnetnadel wird aber bei der Erwärmung rechts und links nach entgegengesetzten Richtungen abgelenkt, oder es werden im Sinne der thermoelektrischen Theorie elektrischer Ströme nach entgegengesetzten Richtungen in Bewegung gesetzt. Dabei geschieht es oft, dafs wenn bei einem solchen Rahmen die Hitze auf die nach aufsen gerichtete Seite angebracht wird, die Abweichung der Nadel die entgegengesetzte von derjenigen ist, welche entsteht, wenn die Hitze auf die innere Seite gewirkt hat, ein Beweis, dafs die elektrischen Ströme an den beiden Seiten in entgegengesetzter Richtung sich bewegen, worüber die weiter unten folgenden Versuche mit einzelnen Stangen einen ferneren Beweis liefern werden. Ebenso verhalten sich Ringe und Ellipsen. Sturgeon fand bestätigt, was auch schon Seebeck beobachtet hatte, dafs dieses von dem verschieden krystallisirten Gefüge abhänge, und dafs nur Wismuth, Antimon und Zink, welche sich durch ihre krystallinische Textur auszeichnen, dieselben in einem bemerklichen Grade zeigen. Werden daher diese Metalle mit etwas Zinn oder Blei versetzt, welche ihr Vermögen zu krystallisiren aufheben, so zeigen sich unter gleichen Umständen jene thermomagnetischen Erscheinungen nur in geringem Grade.

5) Thermomagnetische Erscheinungen in geraden Stangen, Scheiben u. s. w.

Auch die Versuche dieser Art wurden zuerst von Seebeck angestellt, indem das beschriebene Verhalten von Ringen, Rahmen u. s. w. ihn darauf führte. Wurde das eine oder andere Ende viereckiger Stangen am Antimon von 6 bis 10 Z. Länge und 5 Lin. im Quadrat erwärmt, so zeigten sich schwache magnetische Wirkungen und zwar so, dafs die Pole an zwei einander entgegengesetzten Flächen, öfters aber noch an zwei diagonal einander gegenüberstehenden Kanten vertheilt waren. Ward z. B. das Ende α erwärmt, so lag an mehreren Antimonstangen der Südpol in a′, der Nordpol in b′. Die Kanten c′ und d′ verhielten sich neutral oder wie die Mitte gewöhnlicher Magnetstäbe. Die Stangen zeigen sich aber nicht in ihrer ganzen Länge, in der ganzen Ausdehnung ihrer Flächen magnetisch polar, der polarisch gewordene Theil Fig. 58.

Digitized by Google

erstreckte sich nur auf einen kleinen Raum, bei einer 10zölligen Stange auch bei plötzlicher und ziemlich starker Erhitzung nicht über ihre Mitte a hinaus, das Ende β, welches weder erwärmt noch erkaltet war, zeigte keine Wirkung auf die Magnetnadel. Der Magnetismus war immer in dem ersten Momente nach dem Erwärmen des Endes der Stange am stärksten, nahm aber in dem Verhältnisse mehr ab, in welchem sich die Erwärmung in der Stange mehr verbreitete. An kalten Metallstäben, so wie an den in ihrer ganzen Länge gleichförmig erwärmten, war keine Spur von Magnetismus zu bemerken. In der Lage und Stärke der Pole stimmten selten zwei Metallstangen mit einander überein, und auch in der Polarisation einer und derselben Stange zeigte sich nach alleiniger Erwärmung jeder derselben eine beträchtliche Verschiedenheit. Seebeck führt einzelne Beispiele als Belege an. Immer aber verhielt sich der Magnetismus als ein transversaler, oder die Magnetnadel wurde nach Osten oder Westen abgelenkt, wenn in der normalen Lage ihre Axe mit der Längenaxe der Stange parallel war.

An manchen Stangen zeigte sich bei der Erwärmung des einen Endes nur ein höchst schwacher Magnetismus, während die Erwärmung des andern Endes starke Polarisation erzeugte. Bei andern war kaum einiger Magnetismus wahrnehmbar, es mochte das eine oder das andere Ende erwärmt werden. Wurden beide Enden zugleich erwärmt, während die Mitte kalt blieb, so fand man sie ebenso polarisirt, wie wenn die einzelnen Enden jedes für sich durch Erwärmung polarisirt worden wären. Wurden die Stangen in der Mitte abcd erwärmt, und blieben die beiden Enden kalt, so zeigte sich eine doppelte Polarisation, die am stärksten ist in der Nähe der erwärmten Mitte und nach den Enden α und β abnimmt. Der Transversalmagnetismus war in dem regelmäſsigsten Falle auf beiden Seiten von entgegengesetzter Beschaffenheit, links von a ein Nordpol, links von b ein Südpol, dagegen rechts von a ein Südpol, rechts von b ein Nordpol. Wurde eine (am besten durch einen heiſsen Bolzen) gleichförmig erwärmte Antimonstange plötzlich an einer Stelle abgekühlt, so traten sogleich Pole hervor und zwar von entgegengesetzter Lage von denjenigen, welche durch die Erwärmung ebendieser Stelle hervorgerufen worden waren.

Ganz auf dieselbe Weise verhielten sich Stangen von allen andern Metallen, in welchen auf gleiche Weise magnetische Polarisation erregt werden konnte. Eine solche plötzliche Abkühlung an einer Stelle liefs nie eine bleibende Veränderung zurück; waren die Stangen auf die ursprüngliche Temperatur zurückgekommen, so verhielt sich alles bei Wiederholung der Versuche, wie das erstemal. In dicken Stangen erhielt sich unter sonst gleichen Umständen bei gleichen Längendimensionen die Polarisation länger als in dünnen Stangen. Beim Zerbrechen zeigten die Stangen, in welchen der stärkste Magnetismus aufgetreten war, stets ein sternförmig-strahliges Gefüge, durch die ganze Länge der Stange gleichförmig, die Antimonstangen mit feinkörnigem Gefüge hatten nur einen schwachen Magnetismus gezeigt.

Da das käufliche Antimon, aus welchem jene Stangen gegossen waren, etwas Eisen enthielt, so wurde versucht, ob solchen Stangen durch Streichen mit starken Magnetstäben Magnetismus mitgetheilt werden könnte, aber ohne Erfolg. Auch wurden Bruchstücke desselben von Magneten nicht angezogen. Stangen von ganz reinem Antimon verhielten sich ebenso wirksam, wie Stangen von käuflichem. Stangen von Wismuth verhielten sich wie diese, aber in Stangen von reinem Platin, feinem Silber, Messing und geschmeidigem Kupfer war keine deutliche Spur von magnetischer Polarisation auf die oben angegebene Weise zu erzeugen. Nur an einer einzelnen gegossenen Kupferstange zeigte sich ein höchst schwacher Magnetismus, doch ohne regelmäfsig vertheilte Pole. Dagegen bewirkte eine gegossene Stange Zink durch Erwärmung eines ihrer Enden eine schwache, doch deutliche Ablenkung der Magnetnadel, und hatte regelmäfsige Pole.

Legirungen von Wismuth und Kupfer, Antimon und Zink, Antimon und Kupfer und Wismuth und Antimon in Form von Stangen wurden gleichfalls thermomagnetisch unter den oben angegebenen Bedingungen, und zwar, was die Intensität der Wirkung betrifft, in der angeführten Ordnung. Indem Seebeck von der Voraussetzung ausging, dafs in solchen Stangen eine ähnliche, gleichsam der ganzen Länge nach fortlaufende Heterogeneität statt finde, wie sie zwischen den zwei Hälften jener Ringe von Antimon beobachtet wurde, wo dann nur der Unterschied statt finden würde, dafs in den Ringen und

Rahmen die heterogenen Hälften nur in zwei Berührungsstellen auf einander wirken, während in den Stangen eine solche Wirkung in der ganzen Ausdehnung ihrer Länge statt findet, so war von Stangen, die durch Verbindung zweier Stangen von verschiedenen Metallen durch Zusammenschmelzen oder Zusammenschweiſsen gebildet wurden, eine noch gröſsere Intensität von thermomagnetischer Thätigkeit zu erwarten, und in der That bestätigte der Versuch ganz diese Vermuthungen. Solche Doppelstangen von Antimon und Wismuth, Antimon und Glockenmetall, Antimon und Kupfer, Antimon und Zink, zeigten bei Erwärmung an dem einen oder andern Ende, oder in der Mitte ganz dieselben Erscheinungen, wie die einfachen Stangen, nur mit gröſserer Stärke, jedoch nicht von gröſserer Ausdehnung von der erwärmten Stelle aus, wie in den einfachen Stangen, und wenn das erwärmte Ende einer solchen Doppelstange nach unten, und ihr Nordpol nach Norden gerichtet war, so zeigte sich die relative Stellung beider Metalle ganz so, wie in der zweigliedrigen Kette, d. h. das in der thermomagnetischen Reihe tiefer nach dem westlichen Ende zu gelegene Metall war nach Westen, das höher in der Reihe stehende nach Osten gerichtet. Durch diese Zurückführung auf die zweigliedrige Kette lieſs sich auch bestimmen, wie die zwei bloſs durch krystallinisches Gefüge von einander abweichenden Theile oder Hälften eines und desselben Metalls sich gegen einander verhalten, zu welchem Zwecke Seebeck eine Stange von Antimon in eine eiserne Form goſs, welche aus zwei Hälften bestand, wovon die eine heiſs, die andere kalt war, die eine Hälfte der Stange also rasch erstarrte und ein mehr körniges Ansehn annahm, die andere langsam erstarrende Hälfte mehr sternförmig strahlig sich darstellte. Wurde die Stange an dem einen oder andern Ende erwärmt, so wurde sie magnetisch, und zwar lagen die Pole längs den Kanten, wo die beiden Hälften der Form in Berührung gewesen waren, und aus der Lage der beiden Hälften der Stange ergab sich dann, daſs die in dem heiſsen Theile der Form langsam abgekühlte Hälfte sich als westliches (positives), die andere schnell erstarrte Hälfte als östliches (negatives) Metall verhielt.

Auch mit Scheiben stellte Seebeck Versuche an, und zwar polarisirte sich jeder Theil einer solchen Scheibe nach Erwärmung jedes der einzelnen auf einander folgenden Puncte

völlig in derselben Art, wie es auch ein Segment der Scheibe gethan haben würde, wenn es in der Mitte allein in der Temperatur erhöht worden wäre.

Auch eine hohlgegossene Kugel von Antimon wurde nach Erwärmung einzelner Stellen gleichfalls magnetisch-polar und zwar völlig so, wie auch ein Segment der Kugel bei Erwärmung des Mittelpunctes desselben für sich geworden wäre. Verfolgt man die erzeugten Polarisationen, so ergiebt sich, daſs in den sämmtlichen, in der Aequatorialebene gelegenen, in ihrer Temperatur erhöhten Puncten die durch Erwärmung erzeugten Theile der Pole sich einander gegenseitig schwächen, die in die Meridianebenen fallenden Theile jener Pole einander gegenseitig verstärken müssen, und daſs also die Polarität in der Meridianebene schon hierdurch das Uebergewicht über die in der Aequatorialebene erhält, daſs ferner jene in der Meridianebene oberhalb und unterhalb der Aequatorialebene gelegenen entgegengesetzten Pole noch beträchtlich verstärkt und ausgedehnt werden, wenn die Endpuncte jener Meridiane stark abgekühlt werden. Die Anwendung, die sich hiervon auf die Erklärung des Erdmagnetismus machen läſst, ergiebt sich von selbst.

V. Yelin, ohne, wie es scheint, von Seebeck's Versuchen mit einfachen geraden Stangen nähere Kenntniſs gehabt zu haben, ungeachtet dieselben schon im August 1821 der Berliner Akademie mitgetheilt waren, diejenigen des Münchner Physikers dagegen erst den 12ten April in der physikalischen Classe der Baierischen Akademie vorgetragen wurden, erhielt ganz gleiche Resultate. Bei der groſsen Empfindlichkeit der Boussole, die er anwendete, erhielt er selbst in Fällen positive Resultate, wo Seebeck keine erhalten hatte. Er fand zwar wie dieser, daſs Antimon und Wismuth am stärksten polarisirt wurden, allein er will auch durch Temperaturdifferenzen Stangen von andern Metallen, namentlich von Kupfer, Silber, Zink, sehr bestimmt magnetisch polarisirt gefunden haben. Dabei zeigten ihm die Stangen in ihrer ganzen Länge, gerade wie Seebeck gefunden hatte, Transversalmagnetismus, und zwar von entgegengesetzter Lage der Pole, je nachdem das eine oder andere Ende erwärmt war; wurde dagegen die Stange in der Mitte erhitzt, so war der Magnetismus dreifach, an den beiden Enden gleichgerichtet, in der Mitte von entgegenge-

Fig. 59. u. 60. setzter Lage der Pole, wie in der Zeichnung aus der Ablenkung der Magnetnadel ersichtlich ist, unterhalb welcher der Stab bald mit dem Ende A, bald nach Umkehrung der Stange mit dem Ende B von Norden nech Süden vorwärts geschoben wird. Wurde der Stab auf diese Weise oberhalb der Nadel vorwärts bewegt, so waren die Ablenkungen entgegengesetzt. Merkwürdig sind die Versuche mit verschiedenen Stangen von Wismuth von 7 Zoll Länge und einer solchen Form dafs ihr Querschnitt ein Dreieck, Viereck, Sechseck und einen Kreis darstellte von 1 Zoll Durchmesser, in welchen sich jene drei erstern gerade einschreiben liefsen. Von Yelin stellt graphisch die Vertheilung der Magnetpole an diesen verschiedenen Querschnitten dar, und findet darin keine durchgängige Uebereinstimmung mit der Vertheilung der magnetischen Pole in einem Oersted'schen (von einem hydroelektrischen Strome durchlaufenen) Drahte. Die Darstellung der Art, wie jene Pole der Querschnitte ausgemittelt wurde, ist jedoch unklar, und es ergiebt sich nur das allgemeine Resultat, was auch durch anderweitige Versuche bestätigt wird, dafs in solchen Stangen, wenn sie durch Erwärmung magnetische Polarität erhalten, sich die elektrischen Ströme, von welchen die magnetischen Wirkungen abhängen, nicht wie im Oersted'schen Drahte als in einer Richtung durch die ganze Stange bewegend darstellen, sondern die an der untern Seite sich hinbewegenden bei einzelnen Stangen sich an der obern Seite in entgegengesetzter Richtung zurückbewegend zeigen. So fand Sturgeon, welcher viele ähnliche Versuche mit viereckigen und cylindrischen Stangen von Wismuth und Antimon anstellte, dafs bei einem cylindrischen Stabe von Antimon von 8 Z. Länge und 0,75 Z. im Durchmesser, dessen Enden scharf abgeschnitten wurden, um reine Flächen zu erhalten, wenn er nur die eine Hälfte einer dieser Flächen erwärmte, sich eine Reihe von elektrischen Strömen erzeugte, von deren Richtung man sich leicht durch die Richtung der
Fig. 61. Magnetnadeln wird Rechenschaft geben können. Ein anderer ähnlicher Cylinder, der an dem einen Ende gleichförmig erhitzt wurde, erschien gleichsam durch eine seine Axe schneidende Ebene in zwei Hälften getheilt, durch deren jede Mitte eine Linie der Länge nach ging, welche sich neutral verhielt, so dafs drei wirksame magnetische Axen, und an der

Digitized by Google

entgegengesetzten Flächen entgegengesetzte Ströme erkennbar waren, wie aus der Zeichnung leicht zu ersehn ist. Bei einem Kegel von Antimon, von 4,5 Z. Höhe und 2,2 Z. Basis gingen die elektrischen Ströme von oben nach unten (nach der Ablenkung der Magnetnadel bestimmt), oder von unten nach oben, je nachdem die Basis abgekühlt oder erhitzt wurde. Fig. 62.

V. Yelin erkannte auch ganz richtig den Einfluſs, welche die Art der Abkühlung auf das Verhalten solcher Stangen von Wismuth und Antimon ausübt. So fand er einen sehr wesentlichen Unterschied in der Vertheilung der Pole zwischen einem schnellen kalten Wasser und einer langsam abgekühlten Stange von Wismuth und zwischen dem Verhalten der beiden Enden einer und derselben Wismuthstange, abhängig von der verschieden schnellen Erkaltung derselben. Es stellen E und F die beiden Enden der langsamer erkalteten Wismuthstange vor, und zwar F das obere, am Eingusse befindliche und E das untere; das obere ist in zwei ungleiche (bei der rasch abgekühlten Stange waren sie von gleicher Ausdehnung) Polaritätshälften abgetheilt, wovon der einen, welche den Nordpol der Magnetnadel nach Osten ablenkt, etwa 90°, der andern, eine westliche Ablenkung bewirkenden, 270° zukommen, das andere Ende zeigt bei der Erwärmung sechs Pole, so daſs dem stärksten, mit ω bezeichneten Theile 95°, dem folgenden östlichen 62°, dem daranstoſsenden westlichen 57°, dem nächstfolgenden östlichen 45°, dem darauf folgenden westlichen 42° und endlich dem letzten östlich ablenkenden 56° zukommen. V. Yelin nimmt von dem obern Ende an, daſs es wegen der unmittelbaren Einwirkung der Luft schneller erkaltet, auch von weniger dichtem Gefüge sey, und daſs das untere Ende seine mehreren Pole der mehr gleichförmigen und entwickelteren strahligen Krystallisation zu verdanken gehabt habe. Fig. 63.

6) Gesetze für die Intensität und die Art der Vertheilung der magnetischen Polarisation in der einfachen thermomagnetischen Kette.

Wir haben zwar schon in den vorhergehenden Artikeln Gelegenheit gehabt, im Vorbeigehn von dem Einflusse ver-

Digitized by Google

schiedener Umstände auf die Stärke und die Art der Vertheilung der magnetischen Pole in einfachen thermoelektrischen Ketten zu sprechen. Hier sollen aber noch besonders die Resultate genauer messender Versuche über die Abhängigkeit der Intensität und Richtung der Pole von den Temperaturdifferenzen mitgetheilt werden. Den Bemühungen BECQUEREL's verdanken wir in dieser Hinsicht die genauesten Versuche. Durch Hülfe seines, nach der oben beschriebenen Methode regulirten Multiplicators bestimmte er das Gesetz, nach welchem mit Zunahme der Temperaturdifferenz zweier Löthstellen die Intensität des elektrischen Stromes zunimmt. Nachfolgende Tabelle stellt das Resultat dieser Versuche für die Combination Kupfer und Eisen dar.

	Temperatur.		Ablenkungen der Magnetnadel.	Entstehende Intensität des elektrischen Stromes.
	Erste Löthstelle.	Zweite Löthstelle.		
1ster Versuch.	50°	0°	7°,15	11
	100	0	12,75	22
	150	0	16,00	31
	200	0	18,00	37
	250	0	19,00	40
	300	0	0,00	0
2ter Versuch.	50°	50°	0°,00	0
	100	id.	7,25	10
	150	id.	11,75	20
	200	id.	14,00	26
	250	id.	15,20	29
	300	id.	16,00	30
3ter Versuch.	50°	0°	0°,00	0
	100	100	0,00	0
	150	id.	6,10	9
	200	id.	9,50	15
	250	id.	11,00	18
	300	id.	0,00	0

Man ersieht aus dieser Tabelle, dafs die Intensität des elektrischen Stromes 11, welche im 2ten Versuche durch die Temperaturen 50° und 100° erhalten wurde, gleich ist dem Un-

terschiede der Intensitäten 22 und 11, welche im ersten Versuche für die Temperaturen 50° und 100° erhalten worden waren, wenn die zweite Löthstelle in beiden Fällen auf 0° sich befand. Ebenso ist die Intensität 20 im zweiten Versuche gleich dem Unterschiede der Intensitäten 31 und 11 im ersten Versuche, welche den Temperaturen 150° und 100° entsprachen u. s. w. Es ergiebt sich daraus das allgemeine Resultat, dafs in der Combination Kupfer und Eisen, wenn man jede der beiden Löthstellen auf eine verschiedene Temperatur erhöht, die Intensität des elektrischen Stromes gleich ist dem Unterschiede der Intensitäten des Stromes, welcher der Reihenfolge nach hervorgebracht wird durch jede dieser Temperaturen, während die andere Löthstelle sich auf 0° befindet, nicht aber der Intensität des Stromes, welcher aus der blofsen Differenz dieser Temperaturen resultirt.

Was das Gesetz betrifft, nach welchem die Intensität des elektrischen Stromes im Verhältnifs der Zunahme der Temperatur der einen Löthstelle wächst, so gilt nur für das Palladium und Platin auch bis zu der stärksten Temperatur, bei welcher sie geprüft worden, das Gesetz, dafs sie genau der Zunahme der Temperatur proportional ist. Dafs aber dieses Gesetz schon nicht für die Combination Kupfer und Eisen gültig sey, erhellet schon aus der eben mitgetheilten Tabelle, und die nachfolgenden Beispiele zeigen noch deutlicher, dafs dieser Gang so wenig gleichförmig ist, dafs vielmehr die Intensität mit zunehmender Temperatur wieder abnimmt und durch 0° hindurch die magnetische Polarität sich umkehrt oder der thermoelektrischen Theorie gewifs der elektrische Strom dann eine entgegengesetzte Richtung von seiner früheren nimmt.

Bezeichnung der Metalle.	Temperatur der einen Löthstelle, während die andere sich auf 0° befindet.	Ablenkung der Magnet-nadel.	Entsprechende Intensität des el. Stroms.
	50°	10°	72°
	100	20	120
+ —	150	25	145
Eisen; Kupfer	200	27,5	158
	250	28,5	163
	300	29	166,2
— +	In der Rothglühhitze verwandelt sich die Polarisation in die entgegengesetzte.		
+ —	0°	0°	
Silber; Zink	20	2	
	39	4	
	58	6	
	80	8	
	120	10	
	160	8	
	187	6	
	207	4	
	215	2	
	225	0	
+ —	225°	0°	
Zink; Silber	236	2	
	247	4	
	253	6	
	262	8	
	270	10	
	281	12	
	300	14	
	290	12	
	282	10	
— +	72°	2°	
Gold; Zink	150	0	
+ —	150	0	
Gold; Zink	180	2	
	195	4	
	219	6	
	220 (?)	8	
	240	10	
	255	12	
	275	14	

Digitized by Google

Beim Eisen und Kupfer wird die Intensität von 300 an stationär und wächst nicht weiter mit der Temperatur, vielmehr nimmt sie ab, wird 0, und die entgegengesetzte Ablenkung der Magnetnadel zeigt eine entgegengesetzte Richtung des elektrischen Stromes an: das Silber und das Gold zeigen, wie man sieht, gegen das Zink ein ganz gleiches Verhalten, daſs nämlich in höherer Temperatur die Intensität abnimmt, 0 wird, und endlich die Polarisation sich umkehrt. Daſs die Einwirkung der Luft auf das Zink keinen Antheil hieran habe, erhellt daraus, daſs dieselbe Erscheinung auch eintritt, wenn die Löthstelle in von Luft und Wasser befreites Oel eingetaucht ist und dieses allmälig erhitzt wird. Bei der Combination von Eisen und Kupfer hat der Durchmesser der Drähte, so wie die Art der Verbindung, ob sie nämlich zusammengelöthet oder durch Druck in recht innige Berührung mit einander gebracht sind, keinen Einfluſs auf die Intensität des Stromes. Bei gleicher Temperaturdifferenz ist er immer derselbe, aber bei den Combinationen Gold und Zink, Silber und Zink äuſsern diese Umstände allerdings Einfluſs. Wenn nun gleich in höheren Temperaturen der Gang der magnetischen (elektrischen) Intensität und Temperatur nicht gleichförmig ist, so fand doch Becquerel[1] für niedrigere Temperaturen, nämlich von 0° bis 40° C., diesen Gang fast durchaus gleichförmig für Eisen und Silber, Eisen und Kupfer, Kupfer und Platin, Silber und Zinn, Kupfer und Zinn. Dasselbe fand auch Pouillet[2] für eine Kette aus Wismuth und Kupfer gültig, deren eine Löthstelle constant auf 0° erhalten wurde, während die andere innerhalb der Grenzen + 17° und + 77° C. erwärmt wurde. Die mittlere Intensität des Stromes verhielt sich für jeden Grad ungefähr gleich und die Zunahme der Intensität war der Zunahme der Temperaturdifferenz proportional.

Auch Cunning hat schon im Jahre 1823 lange vor Becquerel, von welchem die bisher mitgetheilten Angaben herrühren, die Polarisationsumkehrung der Combination des Eisens mit verschiedenen Metallen in höheren Temperaturen erkannt.

1 In allen thermometrischen Bestimmungen werden Centesimalgrade verstanden.

2 Poggendorff Ann. XLI. 148.

Digitized by Google

Folgende Tabelle zeigt nach seinen Versuchen die entgegengesetzten Ablenkungen der Magnetnadel für geringere und höhere Temperaturdifferenzen.

Ablenkungen.

Geringere Temperaturdifferenz.		Beim Rothglühen.	
Eisen und Silber	10°	8°	
— — Kupfer	13	13	
— — Gold	7	4	
— — Messing	17	5	
— — Zink	7	5	schmelzendes Zink.
Positiv.		Negativ.	

Mit Platin und Blei zeigte das Eisen jene Polaritätsumkehrung nicht. Cunning stellte die Versuche auch so an, dafs er die noch nicht mit einander verbundenen Drähte in siedendes Quecksilber eintauchte. In diesem Falle zeigte sich öfters eine entgegengesetzte Polarisation, je nachdem der eine oder andere Draht zuerst eingetaucht worden war. Diese Erscheinung hat nichts Auffallendes, da natürlich das zuletzt eingetauchte Metall jedesmal als die kältere Löthstelle wirken mufste mit dem zuerst eingetauchten Metalle als der erhitzten Löthstelle und folglich der Theorie gemäfs eigentlich in allen Fällen die Polarisation entgegengesetzt ausfallen mufste.

Etwas abweichend von diesen Resultaten ist dasjenige, welches Pouillet[1] mit der Combination Platin und Eisen erhielt. Er bediente sich dazu seines sogenannten magnetischen Pyrometers, einer thermomagnetischen Kette aus einem Flintenlaufe und zwei Platindrähten, mit 2 Löthstellen, wovon die eine beliebig erhitzt werden konnte, während die andere an einer constanten niedrigeren Temperatur sich befand. Die thermoelektrische Kette wurde mit einem Multiplicator, gebildet aus 25 bis 30 Windungen eines Kupferstreifens von 9 bis 10 Millimetern Breite und 0,5 Millimeter Dicke, verbunden. Eine gewöhnliche Magnetnadel im Innern des Multiplicators auf einem Hütchen schwebend, erfährt die Wirkung des Stro-

1 Poggendorff Ann. XXXIX. 574.

mes und erleidet eine von dessen Intensität bedingte Ablenkung. Um gegen die Veränderungen in der Wirkung geschützt zu seyn, die aus der relativen Lage der Nadel gegen den Strom entspringen würden, ist der Multiplicator um die Axe des Hütchens der Nadel beweglich gemacht und man dreht ihn in dem Maſse, als er die Nadel ablenkt, so daſs seine Wirkung auf dieselbe immer senkrecht gegen seine Länge bleibt oder, was dasselbe ist, der Multiplicator und die Nadel immer in derselben Verticalebene sich befinden. Wenn man nun durch 1000000 die Intensität der Kraft bezeichnet, mit welcher der Erdmagnetismus die Nadel in den magnetischen Meridian zu drehn trachtet, sobald sie senkrecht auf diesem magnetischen Meridiane steht, so ist leicht ersichtlich, daſs die Intensität des elektrischen Stromes ausgedrückt wird durch

$$1000000 . \sin x,$$

sobald er in der Verticalebene der Nadel befindlich sie in solcher Lage erhält, daſs sie mit dem magnetischen Meridiane den Winkel x bildet. Diese Ablenkung wird durch ein Fernrohr beobachtet, welches der Multiplicator in seiner Bewegung mit fortführt. Um nun die Temperaturdifferenzen genau bestimmen zu können, denen die beobachteten Intensitäten des elektrischen Stromes entsprechen, wurde mit der zu erhitzenden Löthstelle ein ebenfalls von Pouillet ersonnenes Luftpyrometer verbunden, das diese Temperaturen in Centesimalgraden genau angab. Man erhält dadurch eine Reihe Ablenkungen und entsprechender Temperaturen. Wenn man nun die Intensität des Stromes, gegeben durch eine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Löthstellen, durch $1000000 . \sin x$ ausdrückt, so ist die einem Grade entsprechende mittlere Intensität

$$I = \frac{1000000 . \sin x}{t}:$$

Nachdem man die mittleren Intensitäten nach einer zwischen den Temperaturen 100 und 1000 angestellten groſsen Zahl von Versuchen berechnet, erhält man folgende Resultate:

Digitized by Google

t Temperaturdifferenz der Löthstellen, die der Löthstelle auf 15° R. oder 20° Cent.	$\frac{1000000 . \text{Sin. } x}{t}$ oder mittlere Intensität d. Stroms für 1° Temperaturdifferenz.	x oder Ablenkung entsprechend t.
100°	950	5° 27′
150	920	7 55
200	890	10 16
250	860	12 26
300	830	14 25
350	805	16 23
400	780	18 11
450	760	20 0
500	745	21 51
550	730	23 28
600	720	25 30
650	730	28 19
700	755	31 52
750	780	35 48
800	815	40 41
850	850	46 13
900	885	52 50
950	920	60 50
1000	955	72 0

Aus dieser Tabelle folgt, dafs der thermoelektrische Strom, welcher sich durch die Berührung des Eisens und Platins entwickelt, keineswegs den Temperaturdifferenzen proportional ist, sondern dafs seine mittlere Intensität für einen Grad bis ungefähr 600° abnimmt und dann wieder ziemlich rasch steigt, so dafs sie bei 1000° fast das ist, was sie bei 100° war. Mittelst dieser Angabe läfst sich die absolute Intensität für jeden Grad berechnen, und man findet, dafs das Minimum der Intensität sehr nahe bei anfangender Rothglühhitze eintritt und dafs von diesem Puncte ab die Intensität zu wachsen beginnt.

Zwei andere Apparate mit sehr verschiedenem Eisen gaben ganz ähnliche Resultate.

Wir müssen indefs in Beziehung auf die Berechnung der Intensität nach dem Winkel x der Ablenkung bemerken, dafs nicht eigentlich der Sinus von x das Mafs für dieselbe ist, sondern das Product aus dem Sinus des Ablenkungswinkels in

seine Tangente. Doch wird in den Resultaten nichts Wesentliches dadurch geändert.

Der Americaner Emmet hat eine sehr ausführliche Tabelle über die Richtung, welche der elektrische Strom nimmt, je nachdem von zwei heterogenen Metallen das eine als heifses das andere als kaltes, oder umgekehrt das erste als kaltes das zweite als heifses berührt, wobei sich der (positive) elektrische Strom entweder als gleichlaufend mit der Fortpflanzung der Wärme, oder als derselben entgegenlaufend zeigte. Vergleicht man die Resultate dieser Versuche mit der thermomagnetischen Reihe und mit dem dieser Reihe gemäfs sich zeigenden Verhalten der beiden Löthstellen, nämlich der heifsen und kalten, gegen einander, so ergiebt sich, dafs die Berührungsstelle zwischen dem heifsen und kalten Metalle sich in vielen Fällen gleichmäfsig als heifse Löthstelle gegen die beiden Verbindungsstellen mit den Drähten des Multiplicators als kalter Löthstelle verhielt. So z. B. ging, welches der Metalle als kalte Scheibe mit der heifsen Scheibe von Wismuth berührt wurde, der (positive) elektrische Strom stets von der heifsen Wismuthscheibe nach der Scheibe des kalten Metalls, und insofern auch gleichlaufend mit der Wärme, dem Gesetze der thermomagnetischen Reihe gemäfs; wurden dagegen die heifsen Scheiben der übrigen Metalle mit der kalten Wismuthscheibe in Berührung gebracht, so ging abermals der (positive) elektrische Strom vom Wismuth zu diesen Metallen, also gleichsam dem Strome der Wärme entgegen, aber gleichfalls dem Gesetze der Reihe gemäfs, wenn man diese Berührungsstelle als die heifse in Anspruch nimmt, doch war der Strom stärker, wenn das Wismuth kalt, als wenn es heifs angewandt wurde. Dasselbe gilt für die Combinationen des Platins mit Kupfer, Silber, Zink, Gold und Messing, des Kupfers mit Silber und Quecksilber, des Bleis mit Zink und Eisen, des Eisens mit Gold, Nickel und Mercur. Das Antimon zeichnete sich dadurch aus, dafs bei Berührung der kalten Antimonscheibe mit den heifsen Scheiben der übrigen Metalle von gewissen Stellen der ersteren der (positive) elektrische Strom nach den kalten Metallen, an andern Stellen hingegen dieser Strom in den übrigen Metallen nach dem Antimon ging, vom Nickel und Quecksilber ging indefs gleichmäfsig der elektrische Strom nach dem Antimon, dieses mochte das erhitzte

Digitized by Google

oder kalte Metall seyn. Beim Arsenik gaben die Combinationen mit Platin, Kupfer, Silber, Blei, Zinn, Zink, Eisen gar keinen Strom, wenn das Arsenik heiſs war; ebendiese Metalle verhielten sich aber als heiſse mit dem kalten Arsenik negativ, d. h. der Strom ging von ihnen zu diesem. Mit Quecksilber und Nickel verhielt sich das Arsenik positiv, es mochte heiſs oder kalt seyn. So wie das Arsenik heiſs mit den meisten Metallen keinen merklichen Strom gab, gab das Platin heiſs mit Blei und Zinn nur einen höchst schwachen, dagegen das Kupfer kalt mit heiſsem Blei keinen Strom, umgekehrt aber das heiſse Kupfer mit dem kalten Blei, welches sich negativ verhielt. Das Nickel zeigte sich gegen Kupfer positiv, es mochte heiſs oder kalt seyn, aber gegen Zink in beiden Fällen negativ.

Noch wird in einfachen Ketten die Intensität des Stromes für dieselbe Combination bei gleichbleibendem Durchmesser und bei gleichbleibender Temperaturdifferenz durch die Längenausdehnung des einen oder andern oder beider Metalle bestimmt und nimmt mit der Zunahme derselben ab, weil mit dieser Längenausdehnung der Leitungswiderstand in der Kette zunimmt. So gab in einem Versuche Cumming's ein Stab von Wismuth mit 4 Fuſs Kupferdraht von $\frac{1}{21}$ Z. Durchmesser eine Ablenkung von 20°, er zeigte mit 8, 16 und 32 Fuſs mit demselben Kupferdrahte correspondirende Ablenkungen von 15°,5, 10° und 7°. Dickerer Kupferdraht gab bei derselben Länge eine stärkere Ablenkung als dünnerer. Auch in Fourier's und Oersted's Versuchen gab eine einfache zweigliedrige Kette von Antimon und Wismuth bei doppelter Ausdehnung in der Länge nur eine Ablenkung von 13° bis 15°, während sie bei einfacher Länge 22° bis 25° gab. Nach Emmet's Versuchen bleibt jenes merkwürdige Verhalten, nach welchem sich die Metalle in zwei Gruppen ordnen, in deren einer der elektrische Strom von dem kalten nach dem heiſsen Theile, in der andern umgekehrt geht, für jede Temperaturänderung unverändert dasselbe.

7) Thermoelektrische Säule.

Es war zu erwarten, daſs mehrere Combinationen von je denselben zwei heterogenen Metallen in derselben Ordnung

auf einander folgend, wenn abwechselnd die Löthstellen erwärmt und die zwischen je zwei erwärmten liegenden kalt erhalten wurden, eine verstärktere Wirkung geben würden, indem die in einer Löthstelle erregte thermoelektrische Thätigkeit sich zu derjenigen der zweiten, dritten u. s. w. addiren und in dem Verhältnisse ihrer Zahl sich zu einer kleinern oder gröfsern Summe vereinigen würde, womit eine stärkere Wirkung auf die Magnetnadel gegeben seyn mufste. Seebeck hat auch hierüber die ersten Versuche angestellt. Die kleinste thermoelektrische Säule besteht aus zwei Paaren, wo A Anti- Fig. 64.
mon, K Kupfer bezeichnen. Seebeck's Doppelkette bestand aus Antimonstangen von 9 Zoll Länge und 0,5 Z. Dicke und aus Kupferblechstreifen von 3,5 Z. Länge, 0,5 Z. Breite und 0,2 Lin. Dicke. Als a allein erwärmt wurde, wich die Magnetnadel anhaltend um 10° ab, hingegen stieg die Declination auf 20°, als späterhin beide Berührungspuncte a und d zugleich erwärmt wurden. Eine einfache Kette aus einer Antimonstange von 9 Z. Länge und 0,5 Z. Dicke und einem einfachen Kupferstreifen von 16 Z. Länge, 0,5 Z. Breite und 0,2 Lin. Dicke gab aber noch eine stärkere Declination, nämlich von 21°,5. Man erkennt schon vorläufig aus diesem ersten Versuche den grofsen Einflufs des Leitungswiderstandes, den bei thermoelektrischen Säulen die Ausdehnung der Metalle in die Länge, welche der elektrische Strom durchlaufen mufs, ausübt, und die gröfsere Wirksamkeit der einfachen Kette von der Doppelkette, sogar bei gleicher Längenausdehnung, erklärt sich nur aus dem viel bessern Leitungsvermögen des Kupfers, welches in der zweiten Kette den gröfsern Theil der Längenausdehnung bildete.

Fourier und Oersted haben diese Versuche mit grofser Umsicht abgeändert und die Gesetze der Wirksamkeit thermoelektrischer Säulen bestimmt. Sie wandten zu ihren Versuchen Stangen von Wismuth und Antimon an. Erst versuchten sie ein Sechseck von je drei gleichen Stäben von Antimon und Wismuth 4,7 Z. lang, 0,6 Z. breit und 0,16 Z. dick. Zur Prüfung der thermomagnetischen Thätigkeit bedienten sie sich einer Boussole, welche so nahe wie möglich unter eine Seite des Sechsecks, die sich in der Ebene des magnetischen Meridians befand, gebracht wurde. Die Ablenkung der Magnetnadel nahm zu mit der Zahl der abwechseln-

Digitized by Google

den Ecken, die erwärmt wurden, von 1 bis 3. Wurden die abwechselnden Ecken künstlich erkältet, so zeigte sich die Zunahme der Ablenkung auf dieselbe Weise, sobald eine, zwei oder drei Ecken abgekühlt wurden; nur war dann die Ablenkung die entgegengesetzte. Wurde der Versuch in einem gröfseren Mafsstabe mit 22 Stangen von Antimon und Wismuth angestellt, so zeigte sich die Wirkung nach demselben Gesetze mit der Zahl der abwechselnd erwärmten Löthstellen verstärkt. Als die Kette an einer Stelle unterbrochen war, wurden an die Enden der gebrannten Stäbe kleine Messingbecher, in welche Quecksilber gegossen war, angebracht, um den Einflufs verschiedener Schliefsungsdrähte auf die Wirkung der Säule zu untersuchen. Ein Kupferdraht nahe an 8 Zoll lang und 0,03 Z. dick war fast hinreichend zu einer vollkommenen Verbindung, zwei solcher Drähte neben einander bewirkten ganz vollkommene Verbindung, ebenso ein Kupferdraht von 3 Fufs Länge; dagegen schlofs ein Platindraht, etwa 16 Z. lang und 0,2 Lin. im Durchmesser, die Kette nur sehr unvollkommen, indem die Ablenkung nicht mehr als 1° betrug, welche bei den andern Schliefsungen über 30° betragen hatte. Bei dieser Verstärkung der magnetischen Wirkung durch eine Combination mehrerer Paare derselben Metalle war zu erwarten, dafs, wenn dieselbe von einem ganz gleichen elektrischen Strome, wie in der hydroelektrischen Kette, abhinge, auch die übrigen Wirkungen dieses Stromes, die chemischen, physiologischen und physischen Wirkungen, zum Vorschein gebracht werden könnten. Fourier und Oersted stellten in dieser Hinsicht mehrere Versuche mit 22 Combinationen von parallelepipedischen Stangen von Wismuth und Antimon von 0,6 Z. Seite an; sie erhielten aber keine Spur von chemischen Wirkungen. Die Unterbrechung des Kreises auch durch die dünnste Schicht der besten Leiter der zweiten Classe, namentlich von Salpetersäure, Salmiakauflösung u. s. w., schien eine vollkommene Unterbrechung hervorzubringen; es hörte augenblicklich jede Wirkung auf die Magnetnadel auf, nur in einem Falle schien eine schwache Wirkung auf eine Auflösung von schwefelsaurem Kupfer, womit eine zwischen zwei Silbermünzen befindliche Schicht Papier befeuchtet war, statt zu finden, indem sich einige Spuren von reducirtem Kupfer auf der einen Silbermünze zeigten, die sich leicht ab-

Digitized by Google

wischen liefsen. Andere Physiker haben jedoch bestimmtere Zeichen chemischer Zersetzung durch den thermoelektrischen Strom erhalten. Moser[1] erhielt mit einer Säule aus 24 Eisen- und Platindrähten, in deren Kreis ein Multiplicator und eine Schicht von $\frac{1}{8}$ Z. verdünnter Schwefelsäure, in welche zwei Kupferplatten von einem Quadratzoll Oberfläche eintauchten, aufgenommen war, eine Ablenkung der Magnetnadel von 10°, welche, wie eine Abänderung der Versuche bewies, lediglich von der thermoelektrischen Thätigkeit abhing. Brachte er zwei übersilberte Kupferstreifen, zwischen welchen ein mit Jodkalilösung befeuchtetes Papier sich befand, in den Kreis derselben Säule, so war die Ablenkung der Magnetnadel sehr stark, aber auch innerhalb einer halben Stunde war keine Spur von Zersetzung des Jodkalium zu entdecken. Diese Säule verhielt sich demnach noch wie jene schwachen hydroelektrischen einfachen Ketten, deren Strom nach Faraday's[2] Versuchen zwar noch durch Flüssigkeiten geleitet wird und eine Abweichung der Magnetnadel bewirkt, aber eine zu geringe Intensität hat, um eine chemische Zersetzung zu bewirken.

Berzelius[3] führt an, dafs, wenn man in den Kreis einer Nobili'schen thermoelektrischen Säule von 40 bis 50 Combinationen eine Salmiakauflösung bringt, in welche Silberstreifen tauchen, der eine derselben, welcher mit dem positiven Pole in Verbindung steht, deutlich angegriffen werde, und wenn man ihn dann herausnimmt, abspühlt und dem Sonnenlichte aussetzt, durch sein Schwarzwerden deutlich das an ihm gebildete Chlorsilber anzeige, zum Beweise, dafs an dem positiven Pole durch Zersetzung der Salmiaklösung Chlor ausgeschieden wurde. Am weitesten hat aber Botto[4] in Turin diese Versuche getrieben. Er wandte dazu eine Combination von 120 Stücken Eisen- und Platindraht an, deren Länge fünf Linien und deren Durchmesser 0,25 Millimeter betrug. Aus diesen wurde durch Zusammenlöthen des Eisens und Platins ein Streifen von 240 Linien gebildet und um ein hölzernes

---

1 Repertorium der Physik. Th. I. S. 347.

2 Poggendorff Ann. XXXV. 1 fg., vgl. Pfaff's Revision der Lehre vom Galvano-Voltaismus. S. 161.

3 14ter Jahresbericht. S. 61.

4 Poggendorff Ann. XXVIII.

Digitized by Google

Lineal gelegt, so dafs die einen Löthstellen auf der einen, die andern auf der entgegengesetzten Seite des Lineals sich befanden, und zwar in einer Entfernung von 4 Linien. Wurde diese Säule durch gesäuertes Wasser geschlossen und die eine Hälfte der Löthstellen durch eine Spirituslampe erhitzt, so wurde das Wasser zersetzt, und zwar stärker, wenn Kupferdrähte, als wenn Platindrähte in die Flüssigkeit tauchten; doch entwickelte sich bei Anwendung der ersteren nur an dem einen Drahte Gas (Wasserstoffgas), bei Anwendung der letzteren an beiden (Sauerstoffgas und Wasserstoffgas). 24 Paare Wismuth- und Antimonstäbe gaben keine so starke Wirkung, ohne Zweifel theils weil sie keine so starke Erhitzung zuliefsen, theils weil in ihnen ein gröfserer Leitungswiderstand statt fand. Verbindungen von Eisen- und Platindrähten sind leicht zu verfertigen und wenn auch nicht so empfindlich, wie Combinationen aus Wismuth und Antimon, doch zu Differentialthermometern nach Nobili's Angabe sehr anwendbar. Schon 24 Paare Combinationen aus sehr dünnen, 1,5 Z. langen Drähten von Platin und Eisen geben ein sehr empfindliches Differentialthermometer ab, und es hat dieses den Vorzug vor denen aus Wismuth und Antimon, dafs dasselbe bei constanter Wärmequelle sehr bald eine constante Temperatur annimmt, d. h. die Magnetnadel sehr bald in eine stationäre Stellung bringt, und ebenso schnell nach Entfernung der Wärmequelle auf seine ursprüngliche Temperatur wieder zurückkommt, wonach die Magnetnadel auf 0 zurückkehrt.

Von physiologischen Wirkungen beobachteten Fourier und Oersted bei einer Combination von 13 Paaren Wismuth und Antimon eine Einwirkung auf das empfindlichste Galvanometer, nämlich auf ein Froschpräparat, ungefähr von der Stärke, wie ein einzelnes Paar heterogener Metalle von geringem Spannungsunterschiede sie ausübt, dagegen keine Einwirkung auf die Nerven der Zunge. So wenig ein Platindraht von 0,03, als ein Eisendraht von 0,06 Millimeter Durchmesser wurden zum Glühen gebracht, während bei der Schliefsung der Säule durch diese Drähte die Wirkung auf die Boussole aufserordentlich geschwächt wurde, wobei es bemerkenswerth war, dafs eine einfache hydroelektrische Kette, welche diese beiden Drähte ins Glühen versetzte, durch ihren Verbindungsdraht eine viel schwächere Wirkung auf die

Magnetnadel ausübte, wovon der Grund darin liegt, dafs der zwar an sich schwächere Strom der hydroelektrischen Kette durch die feinen Metalldrähte dennoch verhältnifsmäfsig weit weniger geschwächt wurde, als der thermoelektrische Strom, und eben dadurch sein Uebergewicht bekam.

Auf das Elektrometer sowohl für sich allein, als auch mit Hülfe des Condensators, konnten FOURIER und OERSTED mit ihrer Säule keine Wirkung hervorbringen, doch bemerken sie, diese Versuche nicht oft genug und nicht mit hinlänglich vollkommenen Instrumenten angestellt zu haben. Bessern Erfolg in dieser Hinsicht hatte BECQUEREL[1], welcher durch Hülfe des Condensators sogar durch ein homogenes Metall, durch Platin, deutliche Zeichen von Thermoelektricität erhielt. Man steckt einen Platindraht in eine Glasröhre, die an ihrem andern Ende an der Lampe zugeschmolzen ist, bringt das eine vordere Ende des Drahts mit der Collectorplatte eines auf ein empfindliches Goldblattelektrometer geschraubten Condensators in Verbindung, und zwar nach Zwischenbringung einer feuchten Papierscheibe, um die elektromotorische Wirkung der beiden Metalle auf einander in der unmittelbaren Berührung zu beseitigen, erhitzt dann mittelst einer Alkoholflamme den hintern zugeschmolzenen Theil der Röhre bis zum Rothglühen. Man erhält in diesem Falle in der Regel keine Zeichen von Elektricität. Wickelt man aber um jenes zugeschmolzene Ende einen Platindraht, dessen anderes Ende mit dem Erdboden communicirt, und verfährt man wie im ersten Falle, so nimmt der Platindraht im Innern der Röhre einen ziemlich starken Ueberschufs von positiver Elektricität an. Durch besondere Versuche überzeugte sich BECQUEREL, dafs das Glas bis zu 90° C., ja nur bis zu 80° C. erhitzt ein sehr guter Leiter der Elektricität selbst von höchst schwacher Spannung wird. Er hat diese Versuche mit Platindrähten, noch auf verschiedene Weise abgeändert, auch mit Gold- und Silberdrähten angestellt, aus welchen allen hervorzugehn scheint, dafs bei vorhandener Ableitung und ungleicher Erwärmung die positive Elektricität sich in derjenigen Richtung bewegt und

1 Traité du Magnétisme T. II. p. 21. Vgl. auch FECHNER's Repertorium. Th. I. S. 487 — 489.

Digitized by Google

zur Ladung des Condensators wirkt, in welcher vorherrschend die Fortpflanzung der Wärme statt findet.

Hier verdient noch die Rotationsbewegung einer von einem thermoelektrischen Strome durchlaufenen oder in thermomagnetischer Thätigkeit befindlichen Kette um die Pole eines Magnets eine Erwähnung. CUNNING zu Cambridge scheint den ersten Apparat dieser Art angegeben zu haben[1]. Ein sehr einfacher und sehr wirksamer Apparat dieser Art, den ich
Fig. 65. selbst besitze, ist folgender. Vier einfache Ketten aus Platin- und Silberdraht sind zu einem Ganzen mit einander verbunden. Jede einzelne Combination besteht (den Apparat in der Lage gezeichnet, in welcher er um seine verticale Axe rotirt) aus einem verticalen Platindrahte a b, welcher rechtwinklig oben und unten mit einem Silberdrahte a c, b d zusam-
Fig. 66. mengelöthet ist. Die vier oberen Silberdrähte bilden ein Kreuz, indem sie selbst nach derselben Richtung etwas bogenförmig gekrümmt sind, und an ihrem Kreuzpuncte befindet sich unterhalb eine feine Stahlspitze; die vier unteren auf gleiche Weise wie die oberen gebogenen, aber kürzeren Silberdrähte
Fig. 67. vereinigen sich in einen offenen Kreis. Durch diesen, der einen etwas gröſseren Durchmesser als der Magnetstab hat, wird der kleine Apparat auf den verticalen Magnet gestützt, indem er mit der Spitze des obern Kreuzes in einer kleinen Grube in der Mitte des Magnetstabs frei sich bewegen kann. Indem man zwei solche Apparate auf die parallel neben einander in die Höhe stehenden Schenkel eines Hufeisenmagnetes mit ihren Spitzen aufsetzt, zwischen dessen Schenkeln eine Weingeistlampe sich befindet, werden gleichzeitig zwei correspondirende untere Löthstellen beider Apparate erhitzt, und sie rotiren dann in entgegengesetzter Richtung um die beiden Magnetpole mit zunehmender Geschwindigkeit. Die zwei einander gegenüberstehenden Halbrahmen bilden dann gleichsam ein Ganzes mit einander, in welchem der (positive) elektrische Strom an der erwärmten Stelle vom Platin nach dem untern Silberdrahte, dem innern untern Kreise, nach dem gegenüberstehenden Silberdrahte, dem gegenüberstehenden Platindrahte aufwärts, durch den obern Silberdraht nach der Kreuzung und von dieser durch den entsprechenden Silberdraht

1 Schweigger's Journ. N. R. Th. X. S. 321.

nach dem ersten Platindrahte zurückströmt. Was noch insbesondere das Gesetz der Verstärkung des thermoelektrischen Stromes durch eine Verbindung mehrerer Combinationen mit einander betrifft, so haben Fourier und Oersted ihre Versuche auch auf die Ausmittelung desselben gerichtet. Hierbei ergab sich das Resultat, daſs durch eine solche Vervielfachung von Paaren nichts gewonnen werde, wenn dieselben von der unveränderten Längenausdehnung des einfachen Paars mit einander verbunden werden und die Längenausdehnung des Kreises daher in demselben Verhältnisse, wie die Zahl der Löthstellen zunimmt, daſs aber diese Verstärkung verglichen mit der einfachen Kette eintritt, wenn die Ausdehnung der Paare in dem Verhältnisse verkürzt wird, in welchem die Zahl derselben wächst, so daſs immer die gleiche Längenausdehnung der einfachen Kette erhalten wird. Doch haben ihre Angaben in dieser Hinsicht nicht den Werth von ganz genauen Maſsen, da die Grade ihrer Boussole nicht für Intensitäten elektrischer Ströme regulirt waren[1].

---

1 Es sey erlaubt, die hier gegebene Uebersicht der Thatsachen, worin die Aeuſserungen und die verschiedenen Arten des Verhaltens des Thermomagnetismus dargestellt sind, um einen kleinen Beitrag zu vermehren. Aus den Entdeckungen von Seebeck und v. Yelin ging hervor, daſs Drähte, welche mit zwei in ihrer Löthstelle erhitzten Metallen leitend verbunden sind, eine Magnetnadel auf gleiche Weise ablenken, als der Rheophor einer hydroelektrischen Kette. Wird dieses Phänomen nur in seiner thatsächlichen Wesenheit, und ohne weiter in die vielfachen Modificationen einzugehn, aufgefaſst, was hier vollständig genügt, so geht daraus die Folgerung hervor, daſs beide Wirkungen einer und derselben Ursache beizumessen sind. Als die Wirkungen der Volta'schen Säule aufgefunden worden waren, lieſs der Erfinder dieses wichtigen Apparates sich angelegen seyn, darzuthun, daſs die auf diese Weise erzeugte Elektricität mit der bis dahin allein bekannten, durch Reibung hervorgerufenen, identisch sey, in welcher Beziehung die bekannten Versuche von Pfaff und van Marum mit der groſsen Harlemer Maschine wichtig sind, und es ist seitdem durch die zahlreichen und vielfach modificirten Versuche der Physiker als ausgemacht anzusehn, daſs, ungeachtet einiger nicht schwer zu erfassender Modificationen, die Reibungselektricität mit der sogenannten galvanischen identisch sey, weil alle Wirkungen der einen sich auch durch die andere hervorrufen lassen. Die Thermoelektricität trat bloſs in einer einzigen Wirkungsäuſserung der galvanischen auf, und zwar gerade in derjenigen, welche Oersted erst verhältniſsmäſsig so spät aufgefunden hatte, nämlich in der Kraft der Ablenkung einer Magnet-

Digitized by Google

III. Theorie.

Die Theorie des Thermomagnetismus ist noch mit demselben Dunkel umhüllt, welches auch jetzt noch nach so vielen

---

nadel; es mufste daher bei ihr, ebenso wie später bei der durch Faraday aufgefundenen Magnetoelektricität geschehn ist, die Frage aufgeworfen werden, ob diese Wirkung nicht etwa eine individuelle und von einer der eigentlichen Elektricität zwar ähnlichen, aber doch nicht völlig gleichen Kraft abzuleiten sey. Man konnte es zwar nicht für wahrscheinlich halten, dafs die genannte Wirkung der Thermoelektricität bei ihrer unverkennbaren Uebereinstimmung mit der eines erwiesen ganz eigentlich elektrischen Stromes im Rheophore von einer letzterer nicht gleichen Kraft herrühren solle, allein damit war der eigentliche Beweis immer noch nicht gegeben, welcher nur dann vollständig seyn kann, wenn nachgewiesen wird, dafs die Thermoelektricität aufser diesen Wirkungen auf die Magnetnadel noch physiologische, chemische, mechanische und Lichterscheinungen zeigt, durch welche die Anwesenheit der Reibungselektricität und der sogenannten galvanischen erkannt wird. Einen wichtigen Beitrag in dieser Beziehung lieferten die angegebenen Versuche, wodurch die physiologischen Wirkungen der Thermoelektricität aus den Zuckungen der Froschschenkel bewiesen wurden; auch ist wohl nicht zu bezweifeln, dafs die stärkeren Ströme dieser Art auf der Zunge eine Empfindung erzeugen, obgleich hierüber noch keine andern Erfahrungen bekannt sind, als die Angabe von Watkins in London and Edinb. Phil. Mag. N. LXVII. p. 306., dafs er die Wirkungen einer Säule von 30 Elementen auf der Zunge wahrgenommen habe. Chemische Wirkungen derselben dürfen wohl nach den vorhandenen Erfahrungen nicht bezweifelt werden, stärkere mechanische Wirkungen aber, als die bereits nur mit Mühe wahrgenommenen, sind schwerlich zu erwarten, da die elektrischen Ströme in vollkommenen Leitern, sowohl die hydroelektrischen als auch die thermoelektrischen, nur eine geringe Spannung haben. Es lagen daher nur noch die beiden Aufgaben zur Prüfung vor, zuerst ob der Leiter der Thermoelektricität das von ihm umwundene weiche Eisen in einen Magnet zu verwandeln vermöge, und zweitens, ob ein Funke aus demselben zu erhalten sey. Mit dem ersten Probleme haben sich gewifs Mehrere beschäftigt, ohne ihre, zum Theil wenigstens, ungenügenden Resultate bekannt zu machen. Ich selbst wickelte einen Streifen Kupferblech, 8 Lin. breit und 0,2 L. dick, mit seidenem Bande umwunden, um einen hufeisenförmig gebogenen Draht von weichem Eisen, dessen Gewicht ungefähr 1,75 Pfund betrug, löthete zwischen die beiden Enden ein Stück Wismuth, 2 Lin. dick und 1,5 Z. lang, allein der Magnet trug nach Erhitzung der einen Löthstelle durch eine Weingeistlampe keinen 2 Loth schweren Anker und zeigte überhaupt keine Anziehung desselben. Dafs

Anstrengungen die Theorie der Erscheinungen des Galvanismus, Elektromagnetismus und Magnetoelektricismus deckt.

---

aber auf diese Weise Magnetismus im Eisen erzeugt werde, davon überzeugte ich mich, als ich das Hufeisen mit seinen Schenkeln aufrecht stellte, die Mitte der Flächen mit salpetersaurem Quecksilber amalgamirte, die beiden umgebogenen Enden der 3 Fuſs langen Drähte eines Multiplicators von nur 30 Windungen mit ihren Spitzen darauf stellte und dann durch Erhitzung der einen Löthstelle eine Abweichung der Doppelnadel von 10° wahrnahm. Einen ungleich besseren Erfolg erhielt Watkins. Nach seiner Angabe in London and Edinb. Phil. Mag. N. LXVII. p. 306. erlangte ein Hufeisen von weichem Eisen, dessen Dimensionen übrigens ebenso wenig, als die Beschaffenheit der Umwindungen angegeben sind, durch eine thermoelektrische Batterie von 30 vereinigten Paaren Wismuth und Antimon, deren Elemente 1,5 Quadratzoll Fläche bei $\frac{1}{8}$ Z. Dicke hielten, eine Tragkraft von 98 Pfund, und er glaubt, daſs gröſsere Batterien noch stärkere Wirkungen hervorbringen würden. Diesen Versuch wiederholte Alexander mit einem Hufeisen von weichem Eisen, dessen Schenkel 2 Z. Abstand und 1 Z. Durchmesser hatten und welches mit 45 Windungen 1 Lin. starken Kupferdrahtes umwunden war. Die thermomagnetische Batterie desselben bestand aus 25 Elementen von Wismuth und Antimon, jede Platte 1,5 Quadratzoll Fläche bei 1 Lin. Dicke haltend, die mit Zinn zusammengelöthet waren. Von den Polen dieser Säule gingen 1 Lin. starke Kupferdrähte in Näpfchen mit Quecksilber, in welches zugleich die amalgamirten Spitzen des um das Hufeisen gewundenen Drahtes gesenkt waren. Die Batterie wurde am einen Ende durch Eis erkältet und am andern durch ein genähertes heiſses Eisen erwärmt, welches vortheilhafter als eine Weingeistlampe angewandt wird, weil die Wärme alle Elemente gleichzeitig und plötzlich afficirt. Das Hufeisen trug seinen Anker; bei einer Abkühlung durch eine kaltmachende Mischung von — 10° R. trug es sein halbes Gewicht, und noch mehr, als zur Abkühlung ein Gemenge aus 3 Th. Chlorcalcium mit 2 Th. Eis angewandt wurden. S. Poggendorff's Ann. XLII. 627. Dahin gehört dann auch, daſs Antinori und Linari im Indicatore Sanese vom 13ten Dec. 1836. Nr. 50. behaupten, eine unmagnetische Stahlnadel in einer Spirale durch den thermoelektrischen Strom merklich magnetisch gemacht zu haben.

Das Vorkommen eines Funkens ist man gewohnt bei der Anwesenheit der Elektricität zu erwarten, weil er sich bei der durch Reibung erzeugten so leicht zeigt, und man bemühte sich daher, ihn auch bei der Thermoelektricität wahrzunehmen. Daſs dieses nicht eben leicht seyn werde, konnte niemandem entgehn, da die Thermoelektricität nicht anders, als von geringer Spannung auftrat, sich nur in vollkommenen Leitern strömend zeigte und durchaus ähnlich der galvanischen, die bekanntlich nur durch Verbrennung der Metalle ei-

Wenn wir auch im Allgemeinen die Kraft, die hierbei thätig ist, und die Form, unter welcher sie wirkt, bestimmen können

---

nen Funken giebt, welches allezeit eine bedeutende Menge vorhandener Elektricität voraussetzt. Aus dieser Ursache waren die meisten Bemühungen, einen durch Thermoelektricität erzeugten Funken wahrzunehmen, vergeblich, so zahlreich dieselben auch diesem Probleme schon deswegen zugewandt wurden, weil FARADAY sehr bald dahin gelangte, durch die von ihm entdeckte Magnetoelektricität einen sehr sichtbaren Funken zu erzeugen. ANTINORI und gleich darauf auch LINARI, nach Wiederholung von dessen Versuchen, machten zuerst bekannt, dafs es ihnen gelungen sey, Zersetzung des Wassers und Funken vermittelst des thermoelektrischen Stromes zu erhalten. S. L'Indicatore Sanese 1836. Dec. Nr. 50. Die hierbei angewandte Säule bestand aus 25 Elementen nach NOBILI's Construction und der Strom durchlief eine Spirale von 505 Fufs Länge, der Funke bei plötzlicher Trennung des Stromes war glänzend und selbst am Tage sichtbar, zeigte sich aber kleiner, wenn ein kürzerer Multiplicator angewandt wurde. Der Multiplicator war um ein Hufeisen aus weichem Eisen gewickelt, aus welchem dann zugleich ein vorübergehender Magnet gebildet seyn mufste, wodurch auf jeden Fall die elektrische Strömung verstärkt und die Entstehung des Funkens erleichtert wird. Eines ähnlichen Apparates, doch vermuthlich ohne Hufeisen, scheint sich auch Jos. HENRY zu Princeton in America bedient zu haben, welchem es gleichfalls gelang, einen Funken zu erzeugen, indem er sich dazu eines Multiplicators aus flachen Kupferblechstreifen bediente, denen auch andere den Vorzug vor runden Drähten geben. S. London and Edinb. Philos. Mag. N. LXVII. p. 305. Im Anfange des Jahres 1837 brachte WHEATSTONE die Erzeugung des Funkens leicht zu Stande, indem er eine Säule von 33 Elementen Wismuth und Antimon dazu benutzte, die in ein Bündel von 0,75 Z. Durchmesser und 1,3 Z. Länge vereinigt waren. In Verbindung mit den Polen standen zwei dicke Kupferdrähte, die Enden eines spiralförmig gewundenen Kupferstreifens von 50 F. Länge und 1,5 Z. Breite, welcher durch braunes Papier und Seide isolirt war. Das eine Ende der Säule wurde durch ein in seine Nähe gebrachtes rothglühendes Eisen erhitzt, das andere durch Eis kalt erhalten, der eine von den Drähten aber, welche die Verbindung zwischen den Polen und dem Multiplicator gaben, war in zwei Theile getrennt, deren umgebogene Enden in ein kleines Gefäfs mit Quecksilber tauchten, worauf dann der Funke sich zeigte, sobald man die eine Spitze schnell aus dem Quecksilber zog. Diese Versuche wurden damals sehr bekannt in England, dort sah sie auch DE LA RIVE bei seiner Anwesenheit daselbst. S. London and Edinburgh Phil. Mag. N. LXII. p. 414. WATKINS verfolgte die Aufgabe noch weiter, bediente sich des von ANTINORI angewandten umwundenen Hufeisens, womit er selbst vermittelst eines Kupferdrahtes von 7 F. Länge und

so ist doch das besondere Verhalten der verschiedenen Körper in dieser Hinsicht noch ganz räthselhaft, d. h. es ist uns

---

$\frac{1}{20}$ Zoll Dicke noch einen schwachen Funken erhielt, welcher aber jederzeit ausblieb, wenn der Draht, statt um weiches Eisen, um andere Metalle, Holz u. s. w. gewunden war. Dafs das Umwinden des Multiplicatordrahtes um einen solchen temporären Magnet das Gelingen des Versuches erleichterte, ergab sich unzweifelhaft, zugleich aber zeigte sich ein Henry'scher Multiplicator aus Kupferstreifen ungleich wirksamer und gab einen starken Funken auch ohne umwundenes Eisen. Es wurden hierbei thermomagnetische Säulen von verschiedenen Metallen und ungleichen Gröfsenverhältnissen angewandt, wobei sich ergab, dafs die Menge der erzeugten Elektricität mit der Masse zunimmt, auch bediente sich Watkins mehrerer Vorrichtungen, um die Unterbrechung des Stromes in schnellen Wechseln folgen zu lassen; im Allgemeinen war aber der Funke am lebhaftesten, wenn die amalgamirte Spitze des Leitungsdrahtes aus dem Quecksilber mit blanker Oberfläche gezogen wurde. S. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXVII. p. 304. Um dieselbe Zeit gelang die Erzeugung des Funkens mit einem ähnlichen Apparate auch den Berliner Physikern, wie mir Poggendorff mündlich mittheilte. Der Apparat, womit Magnus diesen Versuch anstellte, bestand aus 8 Paaren zusammengelötheter Parallelepipeden von Antimon und Wismuth, deren untere Löthstellen durch Eis oder nur durch kaltes Wasser erkaltet, die oberen aber durch ein genähertes heifses Eisen erwärmt wurden. Die beiden Pole der Säule waren durch starke Kupferdrähte mit zwei Quecksilbernäpfchen in leitende Verbindung gesetzt, in welche letztere zwei andere Kupferdrähte tauchten, die zu dem Multiplicator führten, welcher aus einem blofs durch Papier isolirten, spiralförmig aufgewundenen Kupferstreifen von 80 Fufs Länge bestand. Vermittelst einer Spirale aus Kupferdraht konnte auch Magnus keinen Funken erhalten, welcher jedoch mit der beschriebenen Vorrichtung unter hörbarem Geräusche zum Vorschein kam, wenn der eine Kupferdraht des Multiplicators aus dem Quecksilber in die Höhe gehoben wurde. Neuerdings hat Alexander die Vorrichtung, die ihm zur Erzeugung des thermoelektrischen Funkens diente, in Poggendorff's Ann. XLII. 626. ausführlich beschrieben. Die von ihm angewandte Säule war eine solche, deren sich Nobili und Melloni zu ihren thermometrischen Versuchen bedienten, wobei jedoch die Anzahl der Elemente nicht angegeben ist, der gebrauchte Multiplicator aber bestand aus einem nach Henry's Methode construirten. Der dazu verwandte Kupferstreifen hatte 80 F. Länge, 1,5 Z. Breite, war mit Papier überzogen und wog 9,5 Pfund, nachdem er nach Art einer Aderlafsbinde zu einer flachen Spirale aufgewunden war. Von den Polen der durch Eis erkälteten und am andern Ende durch eine Weingeistflamme erhitzten Säule gingen Drähte in die beiden Abtheilungen eines hölzernen Näpfchens mit einer Scheidewand, worin sich Quecksilber befand, in welches dann zugleich die

Digitized by Google

bis jetzt unmöglich, den Zusammenhang ihres Verhaltens in diesem Gebiete von Erscheinungen mit irgend einer ihrer sonstigen Eigenschaften nachzuweisen. Dann begegnet uns auch hier wieder, wie in der Gruppe der den Erscheinungen des Thermomagnetismus am nächsten verwandten Erscheinungen die grofse noch unentschiedene Streitfrage über die Art der Abhängigkeit des Magnetismus von der Elektricität, doch haben wir durch die grofse Masse von Versuchen wenigstens den Vortheil gewonnen, dafs wir die Identität dieser Erscheinungen mit andern schon früher bekannten und ihren Gesetzen nach genau bestimmten Erscheinungen streng nachweisen können, und es wird daher nur darauf ankommen, die scheinbare Verschiedenheit derselben als eine durch die Umstände selbst jenen Gesetzen gemäfs nothwendig gegebene Modification deutlich zu machen. Alle Physiker sind nämlich jetzt darin einverstanden, als Ursache der bisher betrachteten Erscheinungen elektrische Ströme anzunehmen, deren nächste erregende Ur-

---

Enden des Multiplicators getaucht waren. Der Funke kam leichter und stärker zum Vorschein, wenn die Spitzen der eingetauchten Enden des Multiplicators etwas durch salpetersaures Quecksilber amalgamirt waren. Alexander giebt auch an, dafs ihm die Zerlegung des Wassers, dem er einige Tropfen Schwefelsäure zugegossen hatte, durch den thermoelektrischen Strom unter Anwendung eines gewöhnlichen Wasserzersetzungsapparates vollkommen gelungen sey. Beiläufig ist es wohl nicht überflüssig, die Beschreibung der Säulen, vermittelst deren Botto die Zersetzung des Wassers zuerst bewirkte, nach der Angabe in der Bibl. univ. 1832. Sept. hier mitzutheilen. Die eine bestand aus 120 Paaren vereinter Drähte von Platin und weichem Eisen, von 1 Z. Länge und 0,01 Z. Durchmesser. Diese Kette war um einen hölzernen, 18 Z. langen Stab so gewickelt, dafs die Verbindungsstellen der Länge nach an der einen, die entgegengesetzten an der gegenüberliegenden hinliefen und 4 Lin. vom Holze abstanden. Auf diese Weise konnten die sämmtlichen Löthstellen der einen Seite durch eine Weingeistlampe von der erforderlichen Länge sehr stark erhitzt werden, während die der entgegengesetzten in niedriger Temperatur erhalten wurden, und mit Anwendung eines sogenannten Nobili'schen Galvanometers kam dann der Funke zum Vorschein. Eine stärkere Wirkung zeigte aber eine thermoelektrische Säule von Wismuth und Spiefsglanz, aus 140 vereinten Elementen, die ein Parallelepipedon bildeten, dessen Fläche ein Quadrat von zwei Zoll drei Lin. bildete, bei einer Höhe von einem Zoll.

M.

sache eine Störung des Gleichgewichts der Wärme ist. Die Aufgabe wird also seyn:

1) Die Gründe für die Richtigkeit dieser Annahme kurz zusammenzustellen,

2) einige scheinbare Verschiedenheiten zwischen den hydroelektrischen und thermoelektrischen Strömen als blofse, durch die besondern Umstände selbst nothwendig herbeigeführte Modificationen darzustellen,

3) die eigentliche Quelle dieser besondern Ströme aufzuklären, und also namentlich die Wirkungsart der Wärme hierbei aus dem Wesen derselben wo möglich deutlich zu machen oder doch wenigstens auf einfache Gesetze zurückzuführen.

I. Alle Erscheinungen der thermomagnetischen Kette sind auf die genügendste und einfachste Weise verständlich, wenn man auch hier ganz gleiche elektrische Ströme annimmt, wie sie in der hydroelektrischen Kette unzweifelhaft vorhanden sind.

a) Der Magnetismus der thermomagnetischen Kette stimmt in jeder Hinsicht mit dem Magnetismus des Verbindungsdrahtes der hydroelektrischen Kette überein, wie dieser ist er ein *Circular-Magnetismus*, und die Ampère'sche Theorie giebt auf gleiche Weise genügende Rechenschaft von allen Wirkungen, welche thermomagnetisch thätige Körper, sey es in geschlossenen oder ungeschlossenen, einfachen oder zusammengesetzten Ketten, auf die Declinations- und Inclinationsnadel ausüben, und diese Theorie orientirt am leichtesten über alle diese Erscheinungen, sobald man elektrische Ströme annimmt, die durch die Form und auch durch das innere Gefüge der metallischen Leiter, in welchen sie auftreten, bestimmt werden. Die thermomagnetische Reihe wird am verständlichsten, und wenn man hierbei die Analogie mit der galvanischen Spannungsreihe zu Hülfe nimmt, nach welcher die thermoelektrische Spannung oder Thätigkeit in dem Verhältnisse intensiver ist, in welchem die Körper in dieser Reihe weiter auseinander stehn, aber auch zugleich mit der Temperaturdifferenz wenigstens für jede Combination bis zu einem gewissen Maximum wächst, so findet auch hier jene Fundamentalgleichung für die Bestimmung der Intensität der elektrischen Ströme der hydroelektrischen Kette und der davon abhängigen Wirkun-

Digitized by Google

gen $K = \frac{A}{L}$ ihre unbedingte Anwendung, und die Bestätigung ihrer Richtigkeit ist ein neues Argument für die Hypothese von elektrischen Strömen als Ursache der thermomagnetischen Erscheinungen. Das dem ersten Anscheine nach räthselhafte Phänomen, daſs durch Vervielfältigung der Combinationen die Wirkung nicht stärker ausfällt, als in der einfachen Kette, wenn die einzelnen Elemente der Säule eine gleiche Ausdehnung wie diese haben, ist nun auch vollkommen verständlich und eine nothwendige Folgerung aus der Theorie. Da nämlich mit jedem Elemente auch der Leitungswiderstand in gleichem Maſse zunimmt, indem der elektrische Strom seinen Weg durch die ganze Kette zu nehmen gezwungen ist, so bleibt der Quotient $\frac{A}{L}$ und eben damit auch K unverändert, indem ebenso, wie der Werth von A in gleichem Verhältnisse mit der Zahl der Elemente gröſser wird, in ganz gleichem Verhältnisse auch der Werth von L wächst, weil nämlich, wie bekannt, der Leitungswiderstand der Längenausdehnung proportional ist. Ganz anders verhält sich aber die Sache, wenn in demselben Verhältnisse, in welchem mehr Elemente zur Säule mit einander verbunden werden, die einzelnen Elemente immer mehr verkürzt sind, so daſs die Längenausdehnung der Säule stets gleich bleibt der Längenausdehnung des einzelnen Elements. In diesem Falle müſste die Intensität der Wirkung immer gleich seyn der Zahl der Elemente und wie diese wachsen, wenn der Leitungswiderstand bloſs von der Längenausdehnung der Kette abhinge, denn da unter der angenommenen Voraussetzung L unverändert bliebe, A dagegen in geradem Verhältnisse mit der Zahl der Elemente wächst, so müſste der Quotient $\frac{A}{L}$ und damit sein Werth K, die Intensität des elektrischen Stromes, der Zahl der Elemente proportional seyn. Daſs jedoch dieses nicht genau der Fall ist, daſs die Intensität der Wirkung hinter der Zunahme der Zahl der Elemente zurückbleibt, rührt vorzüglich davon her, daſs der Leitungswiderstand immer gröſser ist beim Uebergange von einem Metalle zum andern, als wenn der Strom in demselben Metalle sich fortbewegt. Da nun mit der Zahl der Elemente die Zahl der Uebergänge zunimmt, so ist der Leitungswider-

stand, ungeachtet die Längenausdehnung dieselbe geblieben, doch größser geworden und also der Quotient $\frac{A}{L}$ nicht genau in dem Verhältnisse der Zunahme von A in seinem Werthe gestiegen.

Wie sich alle Einwirkungen auf die Declinations- und Inclinationsnadel aus der Annahme von elektrischen Strömen, die sich, bei Zugrundlegung der thermomagnetischen Reihe, jedesmal in der relativ erwärmten Löthstelle von dem negativen nach dem positiven Metalle bewegen und in ihrer Fortbewegung und ihrem Kreisen durch die Ausdehnung der Metalle selbst regulirt werden, genügend erklären lassen, in welcher Hinsicht schon unter der Rubrik der Thatsachen die nöthigen Andeutungen sich finden, so stimmen auch die Rotationsbewegungen jener aus Platin- und Silberdraht zusammengesetzten Apparate um die Pole eines Magnetstabes vollkommen mit dieser Annahme überein, indem diese um die ungleichnamigen Pole in entgegengesetzter Richtung statt findenden Rotationen gerade so erfolgen, wie sie auch statt finden, wenn unzweifelhafte elektrische Ströme der hydroelektrischen Kette in derselben Richtung durchgeleitet werden, wie sie unserer Hypothese gemäfs an der erwärmten Stelle vom Platin in das Silber und an der kalten vom Silber in das Platin übergehn und durch den kleinen Apparat circuliren.

b) Wird die aufgestellte Theorie schon dadurch höchst wahrscheinlich, dafs sich alle eigentlich-magnetische Verhältnisse der thermomagnetischen Kette dadurch auf eine genügende Weise erklären lassen, so wird sie zur vollkommenen Gewifsheit dadurch erhoben, dafs noch anderweitige Erscheinungen hier vorkommen, die das elektrische Gepräge unmittelbar an sich tragen und von keiner andern Ursache, als eben solchen elektrischen Strömen abgeleitet werden können. Dahin gehören die Wirkungen auf Froschpräparate und die polarchemischen Wirkungen, die ganz nach demselben Gesetze und in demselben Sinne erfolgen, wie von unzweifelhaften elektrischen Strömen der hydroelektrischen Kette, die dieselbe Richtung haben, wie sie nach der Hypothese in der angewandten thermoelektrischen Säule haben müfsten. Die elektrische Ladung des Condensators in Becquerel's Versuchen dient endlich auch noch zur Stütze, wenn gleich hier der voll-

Digitized by Google

ständige Beweis noch fehlt, nämlich die Ertheilung einer merklichen elektrischen bald positiven, bald negativen Spannung mit Hülfe des Condensators, in dem Verhältnisse, in welchem man eine Säule von mehreren Elementen anwendet, deren eines Ende ableitend berührt worden ist.

II. Die auffallende Abweichung des Verhaltens der thermoelektrischen Kette von der hydroelektrischen in mehreren Puncten scheint dem ersten Anblicke nach einen erheblichen Einwurf gegen die Richtigkeit unserer Hypothese abzugeben. Diese Abweichung besteht vorzüglich in der so äufserst schwachen chemischen Wirkung der thermoelektrischen Kette und Säule, während dieselbe doch eine sehr starke magnetische Thätigkeit ausübt, und in dem ganz verschiedenen Verhalten des Multiplicators gegen die thermoelektrische Kette, wie gegen die hydroelektrische. Allein diese Verschiedenheit erklärt sich genügend, wenn man annimmt, dafs die Intensität des thermoelektrischen Stromes viel geringer ist, als die des hydroelektrischen Stromes, oder richtiger, dafs die Kraft, welche die Elektricität in der thermoelektrischen Kette in Bewegung setzt, viel schwächer ist, als die in der hydroelektrischen Kette thätige Kraft, und dafs der durch einen Multiplicator von vielen Windungen und sehr dünnem Drahte oder durch eine Flüssigkeit, welche chemisch zersetzt werden soll, in die Kette neu eingebrachte leitende Körper einen viel gröfseren Leitungswiderstand in der thermoelektrischen Kette erzeugt, als in der hydroelektrischen Kette. In letzterer befindet sich nämlich schon der bedeutende Leitungswiderstand des flüssigen Leiters und des zweifachen Ueberganges von dem flüssigen Leiter zum Metalle und von diesem zu jenem. Wenn daher zu dem L des Quotienten $\frac{A}{L}$, welcher selbst schon einen sehr hohen Werth hat, der Leitungswiderstand auch eines sehr ausgedehnten Multiplicatordrahtes hinzukommt, so nimmt doch das L nicht bedeutend an Gröfse zu, der Quotient wird also nur wenig kleiner und die Intensität des elektrischen Stromes nimmt nicht bedeutend ab, so dafs also die Multiplication der Wirkung durch die auch weit getriebene Anzahl der Windungen immer noch ein bedeutendes Uebergewicht der Wirkung hervorbringt, indem die grofse Kraft der hydroelektrischen Kette durch den langen Draht

einen fast ebenso intensiven Strom hindurchtreibt, wie durch einen Draht, der nur die Länge einer einfachen Windung hätte. Auf gleiche Weise kann auch beim Durchgange durch eine Schicht Flüssigkeit der elektrische Strom seine Intensität noch merklich behaupten, um diese zu zersetzen, und ebenso beim Durchgange durch einen dünnen Metalldraht, der dadurch erwärmt und wohl gar bis zum Glühen gebracht wird.

Ganz anders verhält sich die Sache in der thermoelektrischen Kette. Hier findet die Leitung bloſs in Metallen statt, der Werth von L im Quotienten $\frac{A}{L}$ ist ein sehr geringer, besonders wenn, wie gewöhnlich, kurze Metallstäbe von beträchtlicher Dicke angewandt werden. Nimmt man aber einen Multiplicator von vielen Windungen und von dünnem Drahte auf, so nimmt das L wohl um das Hundertfache bis Tausendfache im Verhältnisse der Länge und Dünnheit des Drahtes zu, und in gleichem Verhältnisse sinkt der Werth des Quotienten $\frac{A}{L}$, welcher das Maſs der Intensität des Stromes ist. Ohm[1] folgert sogar aus der allgemeinen Theorie des Multiplicators, daſs die Wirkung der thermoelektrischen Kette vielmehr in allen Fällen durch die Verbindung mit demselben geschwächt werden müsse, da nicht leicht der Fall eintreten werde, wo eine Windung des Multiplicators weniger Widerstand darbiete, als die thermoelektrische Kette selbst, welches doch die unerläſsliche Bedingung zur Verstärkung der Einwirkung des Stromes auf die Magnetnadel sey. Dieser Behauptung widersprechen jedoch die oben angeführten Erfahrungen, wenn gleich auch daraus die Nothwendigkeit erhellt, für thermoelektrische Ketten zur Verstärkung der Wirkung Multiplicatoren mit wenigen Windungen und aus dickerem Drahte anzuwenden. Jene Schwächung der Intensität des Stromes muſs in einem noch höheren Grade eintreten, wenn die Kette durch eine Flüssigkeit unterbrochen wird, die auch bei einer viel geringeren Ausdehnung doch einen viele tausend Male gröſseren Leitungswiderstand entgegensetzt, als ein Multiplicator von einer tausendfach gröſseren Längenausdehnung; daher das Sinken der Intensität auf 0 und eine gleichsam vollkommene

1 Schweigger's Journ. N. R. Th. XVI. S. 165.

Isolation, welche eine auch nur höchst dünne Schicht einer Flüssigkeit in die Kette bringt. Nur durch eine sehr merkliche Vergrößerung des A in dem Quotienten $\frac{A}{L}$, indem man eine grofse Anzahl von Elementen mit einander verbindet, während das L derselben (der Leitungswiderstand) unverändert bleibt, kann man jenem neu hinzukommenden L entgegenwirken und den Quotienten auf einem Werthe erhalten, dafs die durch ihn repräsentirte Intensität im Stande ist, den Widerstand der Flüssigkeit zu überwinden und sie zu zersetzen. Daher zeigte auch nur erst eine Verbindung von 120 Paaren Platin und Eisen in Botto's Versuchen die ersten Spuren einer chemischen Zersetzung. Auch durch den im Vergleich mit dem Leitungswiderstande in der thermoelektrischen Kette selbst, wie sie namentlich in Fourier's und Oersted's Versuchen construirt war, immer noch sehr beträchtlichen Leitungswiderstand eines sehr dünnen Drahtes, namentlich von Platin, mufs die Intensität des Stromes so vermindert werden, dafs derselbe keine merkliche Erhitzung erfährt. Dieser Ansicht gemäfs können wir Fourier und Oersted nicht ganz beipflichten, wenn sie behaupten, dafs jene Verschiedenheit der thermoelektrischen und hydroelektrischen Kette, nach welcher jene eine starke Wirkung auf die Magnetnadel ausübt, aber keine Zersetzung bewirkt, während letztere stark chemisch, aber nur schwach magnetisch wirkt, davon abhänge, dafs in der thermoelektrischen Kette zwar eine sehr grofse Menge von Elektricität, aber mit schwacher Intensität thätig sey. Sie drücken sich in dieser Hinsicht auch noch folgendermafsen aus. „So zeigt also die beträchtliche, von dem ther-„moelektrischen Strome hervorgebrachte Ablenkung der Ma-„gnetnadel die grofse Menge der darin enthaltenen Kraft an. „Was die Intensität betrifft, so ist es allgemein anerkannt, dafs „ein elektrischer Strom desto leichter durch Leiter hindurch-„geht, je gröfser die Intensität desselben ist. Der hydroelek-„trische Strom, welcher weit leichter als der thermoelektrische „den Draht des Multiplicators durchläuft, mufs also eine weit „gröfsere Intensität haben. Die weit gröfsere Menge von Kraft, „welche man in dem thermomagnetischen Strome annehmen „mufs, wird kein Einwurf gegen diese Behauptung seyn, denn „es leuchtet ein, wenn ein Strom A, dessen Intensität gleich

Digitized by Google

„der eines andern Stromes B ist, während seine Menge weit „beträchtlicher ist, einem Leiter zugeführt wird, welcher nur „hinreicht, die Menge B durchzulassen, daſs dieser Leiter auch „fähig seyn muſs, von dem Strome A einen dem Strome B „gleichen Theil durchzulassen, und nehmen wir an, daſs A „noch eine gröſsere Intensität als B hat, so wird dessen Durch- „gang noch gröſser seyn.“ Nach dieser Darstellungsweise sollte man glauben, daſs Intensität und Quantität zwei von einander unabhängige Gröſsen seyen und letztere in einem Leiter zu- nehmen könne, ohne daſs zugleich erstere wächst. Allein wenn von freier Elektricität, wie hier, die Rede ist, so muſs man stets die eine als durch die andere bestimmt annehmen. So wie die Quantität wächst, nimmt auch die Intensität zu, und eine gröſsere Intensität ist gleichbedeutend mit gröſserer Dichtigkeit, al- so auch mit gröſserer Quantität. In den Erscheinungen, von wel- chen hier die Rede ist, kommt aber nur die Quantität der in einer gegebenen gleichen Zeit in einem Systeme circulirenden oder in Bewegung befindlichen Elektricität in Betracht. In einer ther- momagnetischen Kette, in welcher der Leitungswiderstand bei der geringen Längenausdehnung der Glieder, ihrem bedeutenden Querschnitte und ihrer metallischen Natur als beinahe ver- schwindend angenommen werden kann, wird trotz der gerin- gen Energie der hier thätigen Kraft doch in einer gegebenen sehr kurzen Zeit sehr viel Elektricität in Bewegung gesetzt und die Totalwirkung kann also eine beträchtliche Ablenkung der Magnetnadel seyn. Wird aber durch einen Multiplicator von mehrern Windungen oder durch eine Schicht Flüssigkeit ein beträchtlicher Leitungswiderstand in die Kette gebracht, so ist jene Kraft nicht mehr im Stande, diesen Widerstand zu überwinden, und das Quantum der in Circulation gesetzten Elektricität sinkt gleichsam auf 0 herunter. In der hydroelek- trischen Kette, auch nur von einem Plattenpaare von geringer Oberfläche, setzt die weit stärker wirkende elektromotorische Kraft eine viel gröſsere Quantität von Elektricität in Bewe- gung und kann eben wegen ihrer gröſseren Energie auch bei dem neu hinzukommenden Leitungswiderstande noch eine be- trächtliche Menge in Circulation erhalten. Ein gleich dicker Leitungsdraht, welcher die hydroelektrische Kette schlieſst, wirkt daher auch stärker auf eine Magnetnadel, als derselbe Draht, wenn er die beiden Metalle einer thermoelektrischen

Digitized by Google

Kette verbindet. Wir haben in dieser Hinsicht vergleichende Versuche über die Einwirkung eines ganz gleichen Kupferdrahtes, welchen eine thermomagnetische Kette und eine hydroelektrische Kette schloſs, auf eine Magnetnadel angestellt. Erstere bestand aus einer Stange Wismuth und Antimon, 4 Z. lang und $\frac{1}{4}$ Z. im Durchmesser, welche an dem einen Ende zusammengelöthet waren und am andern Ende 4 Zoll auseinanderstanden, wo der mit ihnen zusammengelöthete Kupferdraht von einer Linie im Durchmesser das Dreieck schloſs. Als die Löthstelle durch eine Weingeistlampe bis beinahe zum Schmelzen erhitzt wurde, erfolgte eine Abweichung der Magnetnadel, mit deren Axe parallel der Kupferdraht in einer Entfernung von $\frac{1}{4}$ Zoll sich befand, von 30°. Ein ganz gleicher Kupferdraht, welcher ein Plattenpaar von Kupfer und Zink von etwa einem Quadratzoll schloſs, das in destillirtes Wasser, welches mit 5 Proc. Schwefelsäure und 2 Proc. Salpetersäure geschärft war, getaucht wurde und dessen Platten $\frac{1}{4}$ Zoll von einander abstanden, brachte eine Ablenkung von 35—40° in derselben Magnetnadel hervor. Das Uebergewicht des letzteren Stromes und die Menge der in gleicher Zeit wirksamen Elektricität unter diesen allerdings günstigen Leitungsbedingungen ist daher auſser Zweifel gesetzt.

Jene thermoelektrische Kette, welche mit dem kurzen Kupferdrahte ganz nahe über die Magnetnadel gebracht eine Ablenkung von 30° gegeben hatte, brachte nur eine Ablenkung ebendieser Nadel von 15° hervor, als die Enden der Antimon- und Wismuthstange mit den Enden eines Multiplicators von 16 Windungen eines übersilberten Kupferdrahtes von $\frac{1}{12}$ Lin. Durchmesser, innerhalb dessen sich die Nadel befand, in Verbindung gesetzt und die Löthstelle beider Metalle bis nahe zum Schmelzen erhitzt wurde.

III. Was die dritte Hauptfrage, welche die Theorie zu beantworten hat, betrifft, nämlich die Entstehungsart der Elektricität in der thermomagnetischen Kette und insbesondere die Wirkungsart der Wärme hierbei, so kann als durch Versuche hinlänglich ermittelt angesehn werden, daſs die Wärme allein das einzige unmittelbare und zureichende Erregungsmittel des elektrischen Stromes, von dem Berührungspuncte der Metalle aus, sey und daſs hierbei keine chemische Wirkung irgend einer Art, etwa der Feuchtigkeit, der Luft oder der Metalle,

auf einander statt finde. Becquerel[1] befestigte luftdicht in die zwei Seitenöffnungen einer Glocke zwei Haken von Platin, die mit ihren einwärts befindlichen Enden mit den freien Enden eines Kupfer- und Eisendrahts, so wie diese mit ihren beiden andern Enden unter sich zusammengelöthet waren. Die äufsern Enden der Platindrähte hingen mit den Enden des Multiplicators zusammen. Die Glocke ward ausgepumpt, mit trockenem Wasserstoffgas gefüllt und die Löthstelle des Kupfers und Eisens durch die von einem Brennglase concentrirten Sonnenstrahlen erhitzt. Der elektrische Strom, welchen die Ablenkung der Magnetnadel anzeigte, fand ganz auf dieselbe Weise, wie in atmosphärischer Luft bei Erwärmung durch eine Weingeistflamme statt. Auch Seebeck erhielt mit einer Wismuthantimonkette ganz gleiche Resultate in höchst verdünnter Luft, wie in gewöhnlicher atmosphärischer. Würde in der Löthstelle durch die Erwärmung eine chemische Wirkung der Metalle auf einander eingeleitet, so könnten die Ketten, wenn sie auf die vorige Temperatur zurückgekommen sind, bei Wiederholung der Versuche nicht denselben Strom wieder erzeugen, auch könnte, wenn durch künstliche Erkältung der einen Löthstelle dieselbe Temperaturdifferenz, wie durch künstliche Erwärmung erzeugt worden ist, kein elektrischer Strom zum Vorschein kommen, wovon doch die Erfahrung das Gegentheil zeigt.

Temperaturdifferenz oder das Uebergewicht der Thätigkeit oder Fortpflanzung in der einen wie in der andern Richtung durch relativ vollkommene Leiter der Elektricität und der Wärme ist die einzige in allen Fällen wiederkehrende Bedingung für den Erfolg, und zwar ist die Wärme hierbei thätig, ohne Rücksicht auf die Quelle, aus welcher sie entsprungen ist, blofs nach ihrem thermometrischen Grade, wie denn namentlich Seebeck von den verschiedenen farbigen Strahlen nachgewiesen hat, dafs sie nur in dem Verhältnisse eine stärkere Wirkung hervorbringen, in welchem sie auch auf das Thermometer stärker wirken.

Was nun die Wirkungsart der Wärme hierbei betrifft, so könnte sich im ersten Augenblicke die Erklärung darbieten, dafs es dieselbe elektromotorische Kraft der Metalle ist, welche

---

1 Traité etc. Tome II. p. 48.

in der hydroelektrischen Kette, nach Volta's Theorie, den elektrischen Strom bestimmt, die auch hier thätig sey. Diese Erklärung wäre aber nur unter der Voraussetzung zulässig, dafs durch Temperaturverschiedenheit, und zwar durch eine nur höchst geringe, das Gesetz der Spannung sich für die verschiedenen Metalle verändere, dafs das nach diesem Gesetze in der gewöhnlichen Temperatur statt findende Gleichgewicht der elektrischen Thätigkeit in den Berührungsstellen der Metalle aufgehoben und dadurch ein elektrischer Strom bewirkt werde. Denke man sich z. B. eine Kette aus Eisen und Kupfer, in deren beiden Berührungspuncten sich die elektromotorischen Kräfte das Gleichgewicht halten, welche also ein statisches System bilden, in welchem statt eines positiven Stromes in der Richtung vom Kupfer nach dem Eisen in dem Berührungspuncte a, weil ihm von dem Berührungspuncte b ein gleicher in entgegengesetzter Richtung entgegenwirkt, nur ruhende Spannungen auftreten, die als solche ohne magnetische Thätigkeit sind. Wird dann die eine Löthstelle, z. B. a, erwärmt, während die andere auf ihrer vorigen Temperatur bleibt, so würde ein elektrischer Strom in der Richtung, in welcher er in der That in dieser thermoelektrischen Kette statt findet, eintreten, wenn durch die Erhöhung der Temperatur der Spannungsunterschied zwischen Kupfer und Eisen erhöht, das Eisen relativ mehr positiv, das Kupfer relativ mehr negativ und die Kraft gesteigert würde, mit welcher das Kupfer das Bestreben äufsert, die positive Elektricität nach dem Eisen zu treiben, und zwar würde die Stärke dieses Stromes von der Gröfse des Unterschiedes der Spannungen in den beiden Berührungsstellen abhängen. Dieser Strom würde auch zunehmen mit der erhöhten Erwärmung der Löthstelle a, sofern die Zunahme der elektromotorischen Kraft und die davon abhängige Steigerung des Spannungsunterschiedes damit gleichen Schritt hielte. Auf mehrere Metallcombinationen würde allerdings die Erklärung anwendbar seyn, namentlich auf die Combinationen von Platin, Palladium, Silber, Gold, Kupfer, Eisen und Zink. Allein sie liefse sich nur vollständig rechtfertigen, wenn die galvanische Spannungsreihe mit der thermoelektrischen übereinstimmte. Bei der Vergleichung beider zeigen sich aber die auffallendsten Abweichungen. Diese Uebereinstimmung, nur mit Umkehrung der Zeichen + und —,

wäre auch erforderlich, wenn man die entgegengesetzte Annahme aufstellen wollte, daſs nämlich vielmehr die elektromotorische Thätigkeit sich in der erwärmten Stelle in die entgegengesetzte verwandle. Diese Veränderung der elektromotorischen Thätigkeit der Metalle durch die Erwärmung oder ihres Spannungsunterschiedes, dem Grade und selbst der Art nach, müſste sich überdieſs durch Hülfe des Condensators nachweisen lassen. Die Resultate der directen Versuche, welche in dieser Hinsicht von Seebeck angestellt worden sind, schneiden aber jede Möglichkeit ab, die thermomagnetischen Erscheinungen durch eine Umwandlung der an der galvanischen Kette thätigen elektromotorischen Kraft durch die Wärme zu erklären. Er will nämlich gefunden haben, daſs jedes Metall bis zu einem hohen Grade erwärmt negativ elektrisch sich verhält, während das kalt gebliebene Metall positive Spannung zeigt, welche Stelle auch sonst die Metalle in der galvanischen Spannungsreihe einnehmen und wie weit sie von einander abstehn mögen, wie z. B. Zink und Kupfer. Seebeck bemerkt bei dieser Gelegenheit: „Auf die magnetische Polarisation zweier Metalle hat es aber keinen Einfluſs, ob das an einem Ende allein erwärmte Metall mit dem andern dasselbe berührenden kalten Metalle + el. oder — el. wird; die magnetische Polarisation der geschlossenen Kette bleibt nach Umkehrung der elektrischen Polarisation dieselbe, welche sie vor derselben war; auch ist es ganz gleichgültig, ob die beiden bei diesem Versuche mit einander verbundenen Metalle zu der Kette der ersten Art (bogenförmig) oder der zweiten Art (parallel mit einander verbunden) gehören." Schon der eine Versuch, daſs das Zink in seiner erwärmten Löthstelle sich mit dem Antimon als stark negatives, mit dem Wismuth als stark positives Metall verhält, gegen welche sein Verhalten nach der galvanischen Spannungsreihe ungefähr das gleiche positive ist, beseitigt jede Erklärung durch Umänderung des elektromotorischen Verhaltens in Folge der Erwärmung.

Die Wärme als solche, und besonders die Art ihrer Fortpflanzung, muſs daher vorzüglich in Betracht gezogen werden, wenn man eine Theorie der thermomagnetischen Erscheinungen aufstellen will. Dieser Gesichtspunct ist auch von zwei Phy-

Digitized by Google

sikern aufgefafst worden, von BECQUEREL und von NOBILI, und Letzterer hat demselben den gröfstmöglichen Umfang dadurch gegeben, dafs er die Erregung aller Elektricitätserscheinungen unter denselben brachte. In der Darstellung seiner Theorie in verschiedenen Stellen seines *Traité expérimental de l'Électricité et du Magnétisme* ist BECQUEREL nicht ganz mit sich in Uebereinstimmung. Die Wärme soll nämlich, wenn sie in ihrer Bewegung, in ihrer Fortpflanzung durch die Körper (also z. B. durch einen Metallbogen) Widerstand findet, sich in ihre beiden Factoren + E und — E zertrennen, das + E, das allen Erfahrungen zufolge ein gröfseres Vermögen als das — E hat, widerstehende Mittel zu durchdringen, soll den Widerstand überspringen (*franchir*) und auf diese Weise ein (positiver) elektrischer Strom von den wärmeren Stellen nach den kälteren eingeleitet werden. An andern Stellen wird aber die Wärme als die blofse *Causa movens* der von ihr verschiedenen Elektricität und nicht als ihre Quelle betrachtet. Indem nämlich die Wärme durch Ausdehnung die Theilchen von einander trenne, müsse sie auf ähnliche Weise wirken, wie die Spaltung der Körper, in Folge welcher bekanntlich die getrennten Oberflächen mit entgegengesetzten Elektricitäten auftreten. Dann soll auch wieder ein erwärmtes Theilchen mehr + E anziehn und — E nach allen Seiten forttreiben (*chasser*); auf diese Weise gehe der Procefs vorwärts, so wie ein Theilchen nach dem andern erwärmt werde, wovon dann die Bewegung des elektrischen Fluidums, der elektrische Strom das Resultat sey. Es sind vorzüglich jene oben in Abschnitt II. Nr. 17 angeführten Versuche, aus welchen BECQUEREL diese Erklärung hergeleitet hat. In jenem Versuche, wo um das zugeschmolzene Ende einer Glasröhre ein Platindraht umgeschlungen war und bei Erhitzung desselben bis zum Rothglühen ein in dieser Röhre befindlicher und mit diesem Ende in Berührung gebrachter Platindraht dem Condensator positive Elektricität mittheilte, soll offenbar das stärker erhitzte Ende des umschlingenden Drahtes die positive Elektricität angenommen haben und das andere kalte die negative. In dem Fig. 69. in o zur Spirale aufgewundenen Platindrahte soll die Richtung des (positiven) elektrischen Stromes nach a daher rühren, dafs der Theil fi wegen der Nähe der Masse der Spirale sich stärker erwärme als fi', folglich der Strom der Wärme

sich vorzugsweise in ersterer Richtung fortpflanze und die (positive) Elektricität mit sich fortführe.

Indefs stellen sich der Anwendung dieses von Becquerel als allgemein aufgestellten Principes im Einzelnen viele Schwierigkeiten entgegen. Schon der Versuch mit den zwei Platindrähten, wovon der eine äufsere als Spirale um das zugeschmolzene Ende einer Glasröhre gewickelt ist, sollte ein entgegengesetztes Resultat, wie das von Becquerel erhaltene, seinem Principe gemäfs geben, da dieser stark erhitzte Draht, indem er die positive Elektricität anzieht und die negative nach allen Seiten zurücktreibt, letztere durch das rothglühende Glas, das nun ein guter Leiter der Elektricität geworden ist, an den innern Platindraht und sofort an den Condensator abgeben sollte. In thermomagnetischen Ketten aus zwei heterogenen Metallen, wovon das eine ein besserer Leiter der Wärme ist, sollte man erwarten, dafs bei Erwärmung einer der Löthstellen der (positive) elektrische Strom seine Richtung jedesmal von dem schlechtern Leiter nach dem bessern nehmen würde. Hiervon zeigt sich aber gerade das Gegentheil in den Ketten aus Eisen und Kupfer, Eisen und Silber, in allen Ketten aus Antimon und einem andern Metalle. Auch alle diejenigen Combinationen in Emmet's Versuchen, in welchen sich der (positive) elektrische Strom dem Strome der Wärme, wie sich dieser Physiker ausdrückt, entgegenlaufend zeigt, d. h. vom kalten nach dem erwärmten Metalle geht, wie dieses namentlich bei sämmtlichen Combinationen des Wismuths mit allen andern Metallen der Fall ist, stehn mit Becquerel's Principe im Widerspruche. Ferner ist kaum abzusehn, wie das entgegengesetzte Verhalten der beiden Gruppen von Metallen, bei deren einer, wenn nämlich der thermomagnetische Bogen aus denselben Metallen gebildet wird, der elektrische Strom von dem heifseren nach dem kälteren, bei der anderen dagegen von dem kälteren nach dem heifseren geht, mit Becquerel's Theorie in Uebereinstimmung zu bringen ist.

Nobili[1], nachdem er die verschiedenen Arten, wie elektrische Ströme erzeugt werden, durchgenommen hat, findet das gemeinschaftliche Princip für die Erregung der Elektricität

---

1 Schweigger's Journ. N. R. Th. XXIII. S. 264.

in allen Fällen in der Thätigkeit der Wärme. Durch eine genaue Analyse der Erscheinungen, welche in den verschiedenen Arten von wirksamen Ketten sich darbieten, und durch eine genaue Rücksicht auf die Wärmeerscheinungen, die hierbei vorkommen, glaubt Nobili sich zur Aufstellung des allgemeinen Princips berechtigt, dafs alle elektrische Ströme (der Theorie von einer Elektricität gemäfs) von den heifseren Theilen zu den kälteren gehen und dafs die Ströme eine um so gröfsere Intensität haben, je gröfser der Temperaturunterschied ist. In den gewöhnlichen hydroelektrischen Ketten aus zwei starren und einem flüssigen Leiter scheint ihm die Sache von selbst klar, da nach der chemischen Theorie, welcher er huldigt, der (positive) elektrische Strom stets von demjenigen starren Körper ausgeht, der allein oder am stärksten chemisch angegriffen wird, an welchem also auch die stärkste Wärmeentwickelung statt findet. Auch in diejenigen Ketten, in welchen nur ein Erreger der ersten Classe mit zwei flüssigen zusammentritt und in welchen zwischen diesen und dem starren Erreger selbst keine chemische Action statt findet, in welchem Falle dann die chemische Action zwischen den beiden Erregern der zweiten Classe den elektrischen Strom bestimmen soll, soll die Richtung desselben stets nur von der Richtung des Wärmestromes abhängen, die davon abhängt, welcher von beiden im Conflicte als der relativ heifsere auftritt. Diese Ansicht glaubt Nobili durch das allgemeine Erfahrungsgesetz bestätigt, dafs, wenn einer von jenen Erregern der zweiten Classe im starren Zustande angewandt wird, z. B. ein festes Alkali, fester Kalk, ein starres Oxyd, ein Salz u. s. w., jedesmal der elektrische Strom vom starren Körper zum flüssigen übergeht, die durch die chemische Wirkung erregte Hitze aber auch gerade an dem starren Körper sich mehr anhäufen könne, während sie sich in dem flüssigen mehr zerstreue, ersterer also als der relativ wärmere hierbei auftrete. Eine scheinbare Ausnahme von jenem Verhalten der starren Körper, welche das Verhalten der Schwefelsäure mit dem flüssigen und starren Wasser (Eis) zeigte, bestätige, meint Nobili, nur das allgemeine Gesetz, denn offenbar müsse das Eis, das alle frei werdende Wärme verschluckt, gegen die Schwefelsäure der relativ kältere bleiben und folglich mit dem Wärmestrome auch der elektrische Strom zu demselben über-

ehn, wie die Erfahrung zeige. Ein Versuch mit zwei Platinblechen, die mit dem Multiplicator in Verbindung waren und in ein Gefäſs hingen, in welches gleichzeitig an dem einen Bleche heiſses, an dem andern kaltes Wasser eingegossen wurde, wobei ein elektrischer Strom sich entwickelte, dessen Richtung von dem heiſsen nach dem kalten Wasser ging, lieferte einen neuen Beleg zur Bestätigung des Princips. Derselbe Erfolg wurde auch erhalten, wenn von den beiden Blechen das eine vorher erhitzt und beide gleichzeitig in das Wasser eingetaucht wurden. Nobili muſs jedoch einräumen, daſs in manchen Fällen das Criterium fehle, durch welches sich bestimmen lasse, welcher von den zwei Körpern, die in den hydroelektrischen Ketten der zweiten Art auf einander chemisch einwirken und dadurch Wärme erzeugen, der mehr erhitzte sey; doch müsse man nach seinem Principe annehmen, daſs bei der Einwirkung von flüssigen Säuren auf Lösungen von Alkalien die Theilchen der letzteren mehr erwärmt werden müssen, weil die Erfahrung lehre, daſs der elektrische Strom stets von den Alkalien nach den Säuren gehe (wovon jedoch meinen eigenen Erfahrungen zufolge die Salpetersäure eine merkwürdige Ausnahme macht, von welcher vielmehr der (positive) elektrische Strom nach der Kalilösung geht). Selbst die Elektricitätserregung durch Reibung sieht Nobili als eine bloſse Wirkung ungleicher Erwärmung des Reibzeuges und des geriebenen Körpers, also als abhängig von der Bewegung des Wärmestoffes an. Aber er geht noch weiter. Was sich nur erst als allgemeine Bedingung der elektrischen Erscheinungen darstellte, was gleichsam nur als *Causa movens* in Anspruch genommen wurde, wird sogar als identisch mit der Elektricität, als *Causa efficiens* dieser Erscheinungen aufgefaſst. Die elektrischen Ströme sollen weiter nichts seyn, als Entladungen des Wärmestoffs der einen oder andern Seite, und diese elektrischen Ströme sollen nur dann mit den Erscheinungen der Erhitzung des Glühens verbunden seyn, wenn der Wärmestoff in sehr groſsem Ueberflusse vorhanden ist, sonst aber lediglich sich auf die den elektrischen Strömen eigenthümlichen Wirkungen beschränken. Die Schwierigkeit, welche davon hergenommen werden könnte, daſs die gleichsam instantan in dem Verbindungsdrahte erfolgende Erhitzung und die dadurch manife-

Digitized by Google

stirte Schnelligkeit der Fortpflanzung der Elektricität (die vollends durch Wheatstone's Versuche auf das überzeugendste nachgewiesen ist), verglichen mit der aus der Erfahrung sich ergebenden Langsamkeit der Fortpflanzung der Wärme, nicht eben dahin führen, beiden eine und dieselbe Ursache unterzulegen, beseitigt Nobili dadurch, dafs er die elektrischen Ströme mehr als Strahlungen oder, was ihm das Richtigste scheint, als Wellenbewegungen, Undulationen ansieht, welche, sobald eine Temperaturdifferenz eingetreten ist, nach der einen oder andern Seite erfolgen, und wenn ein Hindernifs statt finde, gleichsam als wahre Entladungen anzusehn seyen, wie namentlich in der gewöhnlichen hydroelektrischen Kette, wo die Flüssigkeit ein gröfseres Hindernifs entgegensetze, als in der thermoelektrischen Kette, woher denn auch die geringere Intensität der thermoelektrischen Ströme rühre. Wenn in der gewöhnlichen hydroelektrischen Kette diese Wärmewellen (= elektrische Ströme) durch die Flüssigkeit hindurch beim Kupfer anlangen, versetzen sie den Wärmestoff in demselben in eine ähnliche Wellenbewegung, die sich instantan durch den ganzen Kreis fortpflanzt und sich immer wieder erneuert, so lange an der Oberfläche des Zinks durch den chemischen Procefs Wärmeerzeugung und eine hinlängliche Anhäufung des Wärmestoffes statt findet, dafs die Wellen desselben den Widerstand der Flüssigkeit überwinden können.

Man sieht leicht das Willkürliche dieser Unterscheidung ein, denn man fragt mit Recht, wovon denn eine so wesentliche Verschiedenheit in der Form der Thätigkeit des Wärmestoffs, wie vorausgesetzt werden mufs, wenn derselbe als sogenannter elektrischer Strom auftritt und in der Form, in welcher er seine ihn gewöhnlich bezeichnenden Wirkungen hervorbringt, entsteht; denn dafs hier keine blofse gradative Verschiedenheit ausreicht, ergiebt sich schon daraus, dafs der Wärmestoff in allen seinen Abstufungen, von der gröfsten künstlichen Kälte ausgegangen bis zu seinem Maximum, wie er im Focus mächtiger Brennspiegel, in der Knallgasflamme und in dem Leitungsdrahte des mächtigsten Calorimotors wirksam ist, immer dieselben ihn wesentlich charakterisirenden Eigenschaften zeigt und keine der merkwürdigen Erscheinungen, welche den elektrischen Strom auszeichnen, namentlich die magnetischen Erregungen und die polaren che-

Digitized by Google

mischen Zersetzungen. Auch ist es ganz unerklärlich, wie eine so geringe Erhöhung der Temperatur von wenigen Centesimalgraden in der einen Löthstelle einer Antimon-Wismuthkette die gewöhnliche langsame Fortpflanzung zu einer Entladung steigern sollte, welche nur eine Folge einer grofsen Anhäufung und der Hindernisse in der Fortbewegung seyn soll. Aufserdem gelten auch hier alle gegen Becquerel's Theorie von denjenigen Erscheinungen hergenommene Einwürfe, welche eine Bewegung des elektrischen Stromes gegen die Richtung der Fortpflanzung der Wärme in mehreren thermomagnetischen Ketten anzeigen.

Das Mifslingen der Bemühungen dieser zwei ausgezeichneten Physiker, den Vorgang in der thermoelektrischen Kette und das Verhältnifs der Wärme zur Elektricität bei diesem Vorgange aufzuklären, mufs uns mit Recht behutsam machen, eine dritte ebenso unhaltbare Hypothese aufzustellen. Dafs in diesen Erscheinungen die innere Textur der Körper, insbesondere ihr krystallinisches Gefüge die wichtigste Rolle spiele, scheint uns aufser allem Zweifel zu liegen.

Gerade diejenigen Metalle, welche sich durch ihr krystallinisches Gefüge am meisten auszeichnen, wie Antimon, Wismuth, Arsenik, Tellur, Bleiglanz, auch Zink, sind unter sich combinirt die wirksamsten thermomagnetischen Körper. Hierzu kommt, dafs die thermomagnetischen Erscheinungen auf eine so merkwürdige Weise durch die Umstände, welche auf die Art ihrer Krystallisation Einflufs äufsern, modificirt werden. Das Phänomen des Thermomagnetismus scheint uns daher in eine Classe mit den Erscheinungen der *Krystallelektricität* zu gehören und der Unterschied, welchen der *Turmalin* und die übrigen thermoelektrischen *Krystalle* zeigen, darauf zu beruhn, dafs diese schlechte Leiter, ja Isolatoren der Elektricität sind, weswegen die Trennung der Elektricitäten zu langsam erfolgt, um eigentliche wirksame elektrische Ströme bilden zu können, und die getrennten Elektricitäten zur polaren Spannung sich anhäufen müssen. Was daher noch in Rücksicht auf den dritten Theil des Problems, welches die Theorie zu lösen hat, hinzuzufügen wäre, schliefst sich am besten an eine Betrachtung des elektrischen Verhaltens des Turmalins an.

Digitized by Google

Da wir außer allen Zweifel gesetzt zu haben glauben, daß den thermomagnetischen Erscheinungen ganz auf gleiche Weise elektrische Ströme zu Grunde liegen, wie den elektromagnetischen Erscheinungen, so findet Alles, was in den verschiedenen Artikeln dieses Wörterbuches, insbesondere im Artikel „*Elektromagnetismus*" über das Verhältniß der Elektricität zum Magnetismus gesagt worden ist, hier auch seine Anwendung. Nur findet der wesentliche Unterschied statt, daß in geraden Stangen von Wismuth, Antimon u. s. w., in welchen durch Erwärmung thermomagnetische Erscheinungen erregt worden sind, kein einfacher elektrischer Strom nach einer einzigen bestimmten Richtung angenommen werden kann, wie in Oersted's Leitungsdrahte, sondern daß vielmehr in einer solchen Stange Ströme angenommen werden müssen, die sich in einer Art von Kreislauf bewegen, und in gewissen Fällen selbst mehrere, woraus allein die Verschiedenheit des Verhaltens einer solchen Stange, wie sie unter II. 6. näher auseinandergesetzt worden ist, von dem Verhalten eines Rheophors begreiflich wird.

IV. Anwendungen.

Die wichtigste und bis jetzt fast einzige nützliche Anwendung, welche von dieser interessanten Entdeckung gemacht worden ist, ist die zur genauen Messung der Temperatur, entweder in Fällen, wo unsere gewöhnlichen Thermometer nicht mehr empfindlich genug sind, oder an Orten, wo unsere Thermometer nicht so leicht oder gar nicht hingebracht werden können, oder endlich in Temperaturen, die zu hoch sind, um durch unsere gewöhnlichen Thermometer gemessen zu werden. Den Gedanken zu letzterer Anwendung verdanken wir Becquerel[1], der auch bereits Versuche in dieser Hinsicht angestellt hat. Aus den obigen Versuchen ergiebt sich, daß bei Metallen, namentlich bei Platin, deren Schmelzpunct sehr hoch liegt, die Intensitäten des elektrischen Stromes den Temperaturdifferenzen ohne merkliche Abweichung proportional sind. Hat man also sich nach der oben vor

---

1 Poggendorff Ann. IX. 368.

Becquerel angegebenen Methode einen Multiplicator regulirt, innerhalb dessen die Abweichungen der Magnetnadel genau in Werthen von Intensitäten des elektrischen Stromes ausgedrückt werden können, und hat man für irgend eine höhere Temperatur der einen Löthstelle, die aber noch durch das hunderttheilige Thermometer angeblich ist, bei constanter Temperatur von 0° C. der beiden andern Löthstellen, wo die Drähte mit dem Multiplicator verbunden sind, eine bestimmte Intensität des elektrischen Stromes ausgemittelt, so wird die durch eine noch höhere Temperatur der Löthstelle hervorgebrachte gröfsere Intensität des elektrischen Stromes, die sich durch die Abweichung der Magnetnadel genau kund giebt, diese höhere Temperatur unmittelbar in Graden des hunderttheiligen Thermometers angeben. Wäre z. B. durch die Temperatur der einen Löthstelle von 300° eine bestimmte Intensität des elektrischen Stromes erzeugt worden und irgend eine andere Temperatur dieser Löthstelle würde eine doppelt so grofse Intensität des elektrischen Stromes hervorbringen, so würde man daraus schliefsen, dafs jene Temperatur 600° Cent. betragen hätte, eine dreimal so grofse Intensität würde 900° C. u. s. w. anzeigen. Auf diese Weise hat namentlich Becquerel die ungleiche Temperatur der verschiedenen Zonen einer Weingeistflamme bestimmt. Er bediente sich dazu zweier verschiedener Platindrähte von einem Durchmesser von $\frac{1}{4}$ Millimeter. Bei einer Erhöhung der Temperatur ihrer Verbindungsstelle zeigte die Magnetnadel eine Ablenkung von 8°, welcher eine Intensität von 12° entsprach. Wurde dieselbe Löthstelle in den unteren blauen Theil der Flamme gebracht, da wo er mit dem innern stark leuchtenden Theile zusammengrenzt, also in jene die Flamme umgebende, schwach leuchtende dünne Hülle, so erreichte die Ablenkung 22°,5, welche einer Intensität von 54° und demnach einer Temperatur der Löthstelle von 1350° entspricht; in dem stark leuchtenden Theile der Flamme zeigte eine Ablenkung von 20° eine Intensität des Stromes von 44° und demnach eine Temperatur von 1080° C. an, und endlich verrieth die Ablenkung von 17° in dem innern dunkeln Theile der Flamme, welcher den Docht umgiebt, eine Intensität von 32 und demnach eine Temperatur von 780°, welche indefs noch etwas niedriger angeschlagen werden mufs, weil die Drähte, um in diesen dunkeln Theil

Digitized by Google

zu kommen, durch den leuchtenden Theil gesteckt werden müssen und durch diesen erhitzt werden. Dafs der äufsere schwach leuchtende Mantel der Flamme und der untere violette Theil die gröfste Hitze haben, ist auch aus andern Versuchen bekannt. Becquerel wiederholte diese Versuche mit Platindrähten von verschiedener Legirung und von geringerem Durchmesser und erhielt gleiche Resultate.

Auf demselben Principe beruht die Anwendung des sogenannten *magnetischen Pyrometers* von Pouillet, von welchem schon oben unter der Rubrik 6 der Thatsachen die Rede gewesen ist und durch dessen Hülfe Pouillet den Schmelzpunct mehrerer nur in höherer Temperatur schmelzbarer Metalle, des Silbers, Goldes, weifsen und grünen Gufseisens, des Stahls und Eisens, in Graden der gewöhnlichen Thermometer bestimmt hat.

Von einem noch viel ausgedehntern Gebrauche hat sich aber die Anwendung der thermoelektrischen Kette oder vielmehr der thermoelektrischen Säule zur Bestimmung niedrigerer Temperaturen bewiesen, nach der von Nobili vorgeschlagenen Einrichtung, von welcher, da sie ganz die Dienste eines sogenannten *Differentialthermometers* vertritt, unter dem Artikel *Thermometer* die Rede seyn wird.

Auch zur Bestimmung höherer Kältegrade wurde die thermoelektrische Kette von Pouillet[1] angewandt, nämlich zur Bestimmung der Kälte einer Verbindung aus fester Kohlensäure und Aether und des schmelzenden Quecksilbers, indem die Voraussetzung zum Grunde gelegt wurde, dafs die Intensität des thermoelektrischen Stromes einer Kette aus Wismuth und Kupfer, so wie sie der Temperaturdifferenz bis + 77° C. genau proportional ist, auch bis — 80 oder — 100° unter 0 der Temperaturdifferenz proportional sich verhalten werde. Die eine Löthstelle wurde auf 0 erhalten und die andere in die kalte Mischung oder in das eben schmelzende flüssige Quecksilber, um welches herum noch ein Theil starr war, getaucht. Die Ablenkungen der Magnetnadel gaben die Temperaturdifferenzen.

Eine sehr sinnreiche Anwendung der thermoelektrischen Kette zur Bestimmung der Temperaturen in grofsen Tiefen

---

1 Poggendorff Ann. XLI. 147.

des Meeres oder von Seen verdient auch hier eine Erwähnung. Versenkt man eine Kette aus Kupfer und Eisendraht, die mit ihren einen Enden zusammengelöthet sind und mit ihren andern Enden mit den Drähten eines Multiplicators in Verbindung stehn, welche Löthstellen die Temperatur der Luft haben, in das Meer, so wird, so wie die untere Löthstelle allmälig in Schichten von abweichender Temperatur gelangt und diese annimmt, die Magnetnadel durch den Grad und die Art ihrer Ablenkung diese Temperaturdifferenz anzeigen. Inzwischen möchten wir bezweifeln, daſs bei den geringen Differenzen der Temperatur, die man auf diese Weise auszumitteln hat, und bei der groſsen Ausdehnung der thermoelektrischen Kette, wenn sie in groſse Tiefen versenkt wird, der thermoelektrische Strom stark genug ist, um die Magnetnadel zu afficiren. Nur durch eine sehr starke künstliche Erkältung der obern Löthstelle würde man etwa den Strom verstärken und die Temperaturdifferenz bestimmen können.

Die thermomagnetische Kette kann auch dazu dienen, auf eine leichte Art die Reinheit oder Versetzung gewisser Metalle durch die Stelle, welche sie in der thermomagnetischen Reihe einnehmen, auszumitteln. Seebeck[1] hat in dieser Hinsicht besonders das Platin hervorgehoben. Ganz reines Platin liegt in der Reihe dem negativen oder östlichen Ende sehr nahe, es nimmt den 5ten Platz hinter dem Palladium ein, verhält sich gegen Gold und Kupfer negativ, während mit andern Metallen, besonders mit Arsenik, verunreinigtes Platin sehr viel tiefer, dem positiven (westlichen) Ende näher steht und sich gegen Gold und Kupfer vielmehr positiv verhält. Für den Techniker wird eine auf diese Art angestellte Prüfung seiner Geräthschaften aus Platin nicht ohne Nutzen seyn; doch macht Seebeck darauf aufmerksam, daſs diese Versuche nur bei niedrigern Temperaturunterschieden angestellt werden dürfen, da sich in höheren Temperaturen das Verhalten abändert.

P.

1 Schweigger's Journ. N. R. Th. XVI. S. 1.

Digitized by Google

Druck von C. P. Melzer.

Digitized by Google

3 2044 050 638 923

Digitized by Google

Digitized by Google